



TUGAS AKHIR - TI141501

**SKENARIO KEBIJAKAN PENGEMBANGAN
EKOWISATA DI PULAU LUMPUR SIDOARJO
BERBASIS KONSEP KEBERLANJUTAN
LINGKUNGAN: SEBUAH PENDEKATAN SISTEM
DINAMIK**

FERRY ARIESKA

NRP 2511 100 003

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng.

DOSEN KO-PEMBIMBING

Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TI141501

**ECOTOURISM DEVELOPMENT POLICY SCENARIO
IN SIDOARJO MUD ISLAND WITH
ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY CONCEPT:
A SYSTEM DYNAMICS APPROACH**

FERRY ARIESKA

NRP 2511 100 003

SUPERVISOR

Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng.

CO-SUPERVISOR

Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**SKENARIO KEBIJAKAN PENGEMBANGAN EKOWISATA DI PULAU
LUMPUR SIDOARJO BERBASIS KONSEP KEBERLANJUTAN
LINGKUNGAN: SEBUAH PENDEKATAN SISTEM DINAMIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

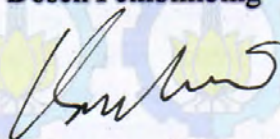
Oleh :

FERRY ARIESKA

NRP. 2511 100 003

Mengetahui/menyetujui,

Dosen Pembimbing

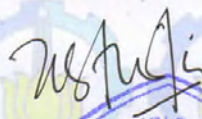


Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng.

NIP. 195503081979031001

Menyetujui,

Dosen Ko-Pembimbing



Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T.

NIP. 2500201405001

SURABAYA, JULI 2015



SKENARIO KEBIJAKAN PENGEMBANGAN EKOWISATA DI PULAU LUMPUR SIDOARJO BERBASIS KONSEP KEBERLANJUTAN LINGKUNGAN: SEBUAH PENDEKATAN SISTEM DINAMIK

Nama Mahasiswa : Ferry Arieska
NRP : 2511100003
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng.
Ko-Pembimbing : Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T.

ABSTRAK

Salah satu kerusakan lingkungan yang terjadi di Indonesia adalah bencana luapan Lumpur Lapindo Sidoarjo yang sampai saat ini masih saja mengeluarkan semburan dan meluap. Pemerintah Sidoarjo dan Badan Penganggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS) memberikan solusi atas permasalahan tersebut dengan mengalirkan lumpur Sidoarjo ke Kali Porong. Namun hal ini justru mengakibatkan sedimentasi di muara Kali Porong, sehingga usaha lebih lanjut limpahan lumpur tersebut diarahkan membentuk suatu daratan baru yang dinamakan Pulau Lumpur. Untuk memanfaatkan Pulau Lumpur, upaya yang terus dilakukan oleh pemerintah setempat yaitu melalui pemanfaatan ekowisata. Penelitian ini menganalisis dan memodelkan skenario kebijakan pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur dan memberikan rekomendasi skenario kebijakan yang tepat berbasis keberlanjutan lingkungan. Kompleksitas interaksi antar variabel dan perilaku sistem mengenai dinamika kondisi Pulau Lumpur mendasari pemilihan metode sistem dinamik untuk menyelesaikan masalah tersebut. Skenario-skenario kebijakan yang ditetapkan dilihat berdasarkan variabel respon yang telah ditentukan. Variabel respon dari penelitian ini adalah daya dukung lingkungan, pendapatan sektor perikanan, pendapatan ekowisata, PAD, emisi karbon, dan pengaruh kesadaran lingkungan. Untuk mengatasi *tradeoff* terhadap parameter penilaian, maka dibuat kombinasi yang mungkin terjadi antar skenario dan didapatkan sebelas kombinasi skenario. Kombinasi skenario yang diutamakan berdasarkan peningkatan dari kondisi eksisting adalah yang dapat memenuhi enam kriteria penilaian, yaitu kombinasi I dan kombinasi K. Kombinasi I merupakan kombinasi skenario penambahan bibit mangrove, penambahan institusi yang terlibat kerjasama, dan peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove. Sedangkan kombinasi K merupakan kombinasi skenario penambahan bibit mangrove, penambahan benih ikan, penambahan institusi yang terlibat kerjasama, dan peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove.

Kata kunci: Ekowisata, Keberlanjutan Lingkungan, Mangrove, Pulau Lumpur Sidoarjo, Skenario Kebijakan, Sistem Dinamik

ECOTOURISM DEVELOPMENT POLICY SCENARIO IN SIDOARJO MUD ISLAND WITH ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY CONCEPT: A SYSTEM DYNAMICS APPROACH

Students Name : Ferry Arieska
NRP : 2511100003
Supervisor : Prof. Dr. Ir. BudisantosoWirjodirdjo, M.Eng.
Co-Supervisor : Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T.

ABSTRACT

Lapindo Mudflow disaster is one of the environmental damages which occurred in Indonesia. This disaster still outburst and overflows. Sidoarjo's Government and BPLS (Sidoarjo Mud Disaster Agency) give solution to drain off the mudflow to Porong River. This condition causes sediment along estuary of the Porong River. Later, this sediment formed Mud Island on Porong Estuary. For utilization of Mud Island, one of the programs carried out by local government is ecotourism. This research focus on analyzing and modeling policy scenario for the development ecotourism of Mud Island, also gives appropriate scenario based on environmental sustainability. Complexity interaction between variable and Mud Island system behavior underlies to choose methodology of system dynamics. The scenarios are defined based on determined response variables. The response variables of this research are environmental carrying capacity, fishery sector income, ecotourism income, local Sidoarjo revenue, carbon emission, and influence of environmental awareness. Overcome the tradeoff of parameters, the combination between scenarios are made and result in eleven combinations. The combination which is selected based on contribution enhancement from existing condition must fulfill the six parameters. The selected scenarios are combination I and combination K. Combination I is a combination of scenarios the addition of mangrove, the addition of institutions involved cooperation, and increase the allocation fraction of funds counseling mangrove cultivation. While the combination K is combination scenarios the addition of mangrove, the addition of the milkfish seeds, the addition of institutions involved cooperation, and increase in the allocation faction of funds counseling cultivation mangrove.

Key words: Ecotourism, Environmental Sustainability, Mangrove, Sidoarjo Mud Island, Policy Scenario, System Dynamics.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya, serta shalawat dan salam bagi Nabi Muhammad SAW, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan baik. Selama melakukan penelitian Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah membantu penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua penulis, Ibu Rukani dan Bapak Suriadi (Alm), serta seluruh anggota keluarga yang telah mendukung penulis baik secara moral maupun secara materiil.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.Eng. selaku dosen pembimbing dan Ibu Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing, atas kesabaran dan waktu yang diluangkan untuk memberikan banyak bimbingan, masukan dan arahan yang sangat mendukung dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Budi Santosa, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Kepala Laboratorium Komputasi dan Optimasi Industri, Bapak Yudha Andrian Saputra, S.T., M.BA., selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Industri ITS atas arahan dan masukan kepada penulis.
4. Bapak Hengki dan Bapak Nanto selaku pihak dari Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo yang telah menyempatkan waktunya untuk membantu penulis dalam pengadaan data penelitian ini.
5. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Industri ITS atas layanan pendidikan yang diberikan.
6. Avian Yusuf Andreanto, Agung Khuluq sebagai sahabat yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Cinca-cincaku tercinta, Nabilla Husna dan Dimmpy Aprita, makasi buat semangatnya selama ini. Luv yaa cinca-cincaa :-*

8. Mbak Siti Fariya selaku mentor dan kakak yang selalu memberikan suntikan semangat spiritual.
9. Teman-teman Kesma KISEKI, Hanna, Restu, Fuji, Nimas, Saifu, Anas, Fariz, Indrawan, Alex, Ganef, Ampuh, Heri.
10. Teman-teman GW 31 B Tari, Alfa, Mbak Nisa, Mbak Wulan, Ari, Tiara, Bagoya, Ratna, Ambar.
11. Teman-teman grup G-bank yang telah memberikan semangat satu sama lain, Mike, Astri, Rahma, Nuri, Rica, Tika, Rinda, Lilik, Dita.
12. Teman-teman seimbang dan seperjuangan Randy, Aisha, Udin, Zuhdi, Kelvin.
13. Teman-teman Admin KOI 2011 yang rela berbagi ilmu dan waktunya, Aan, Mike, Ovita, Friska, Agni, Ninin, Resa, Chrishman, Lola.
14. Keluarga besar VERESIS 2011, terimakasih atas semangat dan canda tawanya selama menempuh studi di Teknik Industri ITS.
15. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas semua dukungan dan doa dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang ada. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak dan dapat memberikan masukan dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan bangsa.

Surabaya, Juli 2015

Ferry Arieska

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5.1 Batasan Masalah	6
1.5.2 Asumsi Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Konsep <i>Green Economy</i>	7
2.2 Bencana Lumpur Sidoarjo	9
2.3 Mangrove	12
2.4 Konsep Ekowisata	13
2.5 Potensi Ekowisata Mangrove	15
2.6 Kualitas Lingkungan Hidup di Pulau Lumpur	16
2.7 Berkurangnya Area Mangrove Di Indonesia	17
2.8 Konsep Pemodelan Sistem Dinamik	19
2.8.1 Penyusunan Konsep	19

2.8.2	Pembangunan Model	20
2.8.3	Konsep Pengujian Model	22
2.9	<i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	24
2.10	Gap dan Posisi Penelitian	29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		31
3.1	Tahapan Identifikasi Permasalahan	31
3.1.1	Identifikasi dan Perumusan Masalah	31
3.1.2	Tujuan dan Manfaat Penelitian	31
3.2	Kajian Pustaka	31
3.3	Tahapan Identifikasi Variabel dan Konseptualisasi Model	31
3.3.1	Identifikasi Variabel	32
3.3.2	Konseptualisasi Sistem	32
3.3.3	Pengumpulan Data	32
3.4	Tahapan Simulasi Model	32
3.4.1	Pembuatan/Formulasi Model Simulasi	32
3.4.2	<i>Running</i> Model Awal	33
3.4.3	Penetapan Skenario Kebijakan	33
3.4.4	Penerapan Skenario Kebijakan	33
3.5	Tahapan Analisis dan Penarikan Kesimpulan	33
3.5.1	Analisis dan Interpretasi	34
3.5.2	Penarikan Kesimpulan	34
BAB 4 PERANCANGAN MODEL SIMULASI		37
4.1	Identifikasi Sistem Amatan	37
4.1.1	Pulau Lumpur Sidoarjo	37
4.1.2	Potensi Ekowisata Mangrove Sebagai Upaya Konservasi Lingkungan di Pulau Lumpur	39

4.2	Konseptualisasi Model.....	42
4.2.1	Diagram Sebab Akibat (<i>Causal Loop Diagram</i>).....	42
4.2.2	Diagram Input-Output	44
4.2.3	Identifikasi Variabel	45
4.3	Diagram Alir (<i>Stock Flow Diagram</i>).....	54
4.3.1	Model Utama Sistem	54
4.3.2	Submodel Luas Pulau Lumpur	55
4.3.3	Submodel Wanamina.....	58
4.3.4	Submodel Ekowisata	60
4.3.5	Submodel PAD	62
4.3.6	Submodel Konservasi Lingkungan.....	64
4.4	Verifikasi dan Validasi Model	66
4.4.1	Verifikasi Model.....	66
4.4.2	Validasi Model.....	68
4.5	Simulasi Model	77
4.5.1	Simulasi Submodel Luas Pulau Lumpur	77
4.5.2	Simulasi Submodel Wanamina.....	80
4.5.3	Simulasi Submodel Ekowisata	81
4.5.4	Simulasi Submodel PAD	85
4.5.5	Simulasi Submodel Konservasi Lingkungan.....	87
BAB 5 MODEL SKENARIO KEBIJAKAN.....		91
5.1	Skenario 1: Penambahan bibit mangrove	92
5.2	Skenario 2: Penambahan benih ikan yang dibudidayakan untuk wanamina di Pulau Lumpur.....	92
5.3	Skenario 3: Penambahan institusi yang terlibat kerjasama.....	93

5.4	Skenario 4: Peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove	94
5.5	Kombinasi Skenario	99
5.6	Pemilihan Kombinasi Skenario Berdasarkan Kriteria Penilaian Skenario	102
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		109
6.1	Kesimpulan.....	109
6.2	Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA.....		113
LAMPIRAN		119

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya	27
Tabel 4.1 Variabel Submodel Luas Pulau Lumpur	45
Tabel 4.2 Variabel Submodel Wanamina	47
Tabel 4.3 Variabel Submodel Ekowisata	49
Tabel 4.4 Variabel Submodel PAD	51
Tabel 4.5 Variabel Submodel Konservasi Lingkungan	52
Tabel 4.6 Perbandingan Data Aktual dengan Output Simulasi Luas Pulau Lumpur	75
Tabel 4.7 Perbandingan Data Aktual dengan Output Simulasi PAD Kabupaten Sidoarjo	75
Tabel 4.8 Perbandingan Data Aktual dengan Output Simulasi Emisi Karbon	75
Tabel 4.9 Perhitungan <i>P-value</i> terhadap Masing-masing Variabel	76
Tabel 5.1 Kombinasi Skenario Kebijakan	100
Tabel 5.2 Hasil Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kombinasi Skenario A, B, C	100
Tabel 5.3 Hasil Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kombinasi Skenario D, E, F	101
Tabel 5.4 Hasil Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kombinasi Skenario G, H, I	101
Tabel 5.5 Hasil Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kombinasi Skenario J, K	102
Tabel 5.6 Kombinasi Skenario dengan Peningkatan Terhadap Kondisi Eksisting	102
Tabel 5.7 Pengaruh Kombinasi Skenario terhadap Parameter Penilaian	103
Tabel 5.8 Perbandingan Rata-rata Output Hasil Simulasi Skenario Kombinasi I, dan Kombinasi K terhadap Kondidi Eksisting	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Konsep dan Keterkaitan antar Aspek dalam <i>Green Economy</i>	4
Gambar 2.1 Peta Topografi Semburan Lumpur Sidoarjo pada Desember 2013 ..	10
Gambar 2.2 Target dan Realisasi Volume Lumpur yang Dialirkan ke Kali Porong	11
Gambar 2.3 Contoh Causal Loop Diagram (CLD) Bidang Kependudukan	21
Gambar 2.4 Simbol-simbol <i>Stock Flow Diagram</i> (SFD).....	22
Gambar 2.5 Gap dan Posisi Penelitian	29
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Langkah-langkah Penelitian	35
Gambar 4.1 Lokasi Pulau Lumpur di Muara Kali Porong	38
Gambar 4.2 Kondisi Mangrove di Pulau Lumpur pada Maret Tahun 2014	39
Gambar 4.3 Area Wanamina di Pulau Lumpur Sidoarjo	41
Gambar 4.5 Diagram Sebab Akibat (<i>Causal Loop Diagram</i>).....	43
Gambar 4.6 Diagram <i>Input Output</i>	44
Gambar 4.6 Model Utama Sistem Pengembangan Ekowisata Pulau Lumpur Sidoarjo Berbasis Konsep Keberlanjutan Lingkungan	55
Gambar 4.7 Submodel Luas Pulau Lumpur	57
Gambar 4.8 Submodel Wanamina	59
Gambar 4.9 Submodel Ekowisata	61
Gambar 4.10 Submodel PAD.....	63
Gambar 4.11 Submodel Konservasi Lingkungan	65
Gambar 4.12 Cek Unit Model.....	67
Gambar 4.13 Hasil Pengecekan Unit Model.....	67
Gambar 4.14 Verifikasi Model Utama.....	67
Gambar 4.15 Verifikasi Submodel.....	68
Gambar 4.16 Verifikasi Formulasi Model	68
Gambar 4.17 Uji Parameter Submodel Luas Pulau Lumpur.....	70
Gambar 4.18 Uji Parameter Submodel Wanamina	71
Gambar 4.19 Uji Parameter Submodel PAD	72
Gambar 4.20 Uji Parameter Submodel Ekowisata.....	72

Gambar 4.21 Uji Parameter Submodel Konservasi Lingkungan	73
Gambar 4.22 Hasil Uji Kondisi Ekstrim	74
Gambar 4.23 Hasil Paired T-test Variabel PAD Sidoarjo	76
Gambar 4.24 Hasil Paired T-test Variabel Emisi Karbon	76
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Submodel Luas Pulau Lumpur	78
Gambar 4.26 Grafik Informasi Variabel pada Subodel Luas Pulau Lumpur	78
Gambar 4.27 Pengaruh Utilisasi Zona Mangrove terhadap Daya Dukung Lingkungan	79
Gambar 4.28 Grafik Informasi Variabel pada Subodel Wanamina.....	80
Gambar 4.29 Hasil Simulasi Submodel Wanamina	81
Gambar 4.30 Hasil Simulasi Submodel Ekowisata	82
Gambar 4.31 Grafik Informasi Variabel pada Subodel Ekowisata	83
Gambar 4.32 Grafik Hubungan Jumlah Wisatawan terhadap Polusi Gas Ekowisata	84
Gambar 4.33 Grafik Hubungan Penyerapan Polusi oleh Mangrove	84
Gambar 4.34 Hubungan Pendapatan Perikanan dan kontribusi pendapatan Ekowisata terhadap PAD	85
Gambar 4.35 Hubungan Kontribusi Pendapatan Ekowisata dengan Retribusi Daerah	86
Gambar 4.36 Hasil Simulasi Submodel PAD.....	87
Gambar 4.37 Hasil Simulasi Submodel Konservasi Lingkungan	88
Gambar 4.38 Grafik Informasi Variabel pada Subodel Konservasi Lingkungan..	88
Gambar 4.39 Hubungan Kesadaran Lingkungan terhadap Tingkat Konversi Lahan Mangrove	89
Gambar 5.1 Hasil Skenario Terhadap Daya Dukung Lingkungan.....	95
Gambar 5.2 Hasil Skenario Terhadap Pendapatan Sektor Perikanan.....	96
Gambar 5.3 Hasil Skenario Terhadap Pendapatan Ekowisata	97
Gambar 5.4 Hasil Skenario Terhadap PAD Kabupaten Sidoarjo.....	97
Gambar 5.5 Hasil Skenario Terhadap Emisi Karbon	98
Gambar 5.6 Hasil Skenario Terhadap Pengaruh Tingkat Kesadaran Lingkungan Terhadap Konservasi Mangrove	99

Gambar 5.7 Kontribusi Kombinasi I dan Kombinasi K terhadap Kondisi Eksisting.....	106
--	-----

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu kerusakan lingkungan hidup yang terjadi di Indonesia adalah bencana luapan Lumpur Lapindo Sidoarjo. Bencana lumpur yang terjadi sejak 29 Mei 2006 lalu itu masih saja mengeluarkan semburan dan meluap juga disertai dengan kepulan asap putih di beberapa titik di daerah Porong-Sidoarjo. Terjadinya bencana ini telah banyak mempengaruhi berbagai aspek kehidupan masyarakat terdampak lumpur Lapindo Sidoarjo baik secara ekonomi maupun sosial. Berbagai upaya telah dilakukan Pemerintah dan PT Lapindo Brantas sebagai pihak yang berwenang terkait kerugian yang ditanggung oleh masyarakat yang menjadi korban. Jika ditinjau dari segi lingkungan, Lumpur Lapindo telah merusak ekosistem dan lingkungan penduduk di sekitarnya. Kawasan Porong yang dahulunya merupakan daerah yang subur dan banyak ditanami tanaman produksi kini sebagian telah berubah menjadi lautan lumpur. Banyak penduduk yang kehilangan tempat tinggal serta mata pencahariannya karena lahannya telah terendam lumpur. Perubahan lingkungan ini secara langsung akan berdampak terhadap kondisi sosial maupun ekonomi masyarakat sekitar.

Melihat berbagai permasalahan yang ditimbulkan, pemerintah Sidoarjo dan Badan Penganggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS) memberikan solusi atas permasalahan yang dihadapi oleh masyarakat terdampak lumpur Lapindo Sidoarjo melalui usaha-usaha yang diantaranya mengalirkan lumpur Sidoarjo ke Kali Porong. Sebagai akibatnya, akan terjadi pendangkalan sepanjang muara Kali Porong. Untuk mengurangi dampak pendangkalan maka usaha lebih lanjut limpahan lumpur diarahkan membentuk suatu daratan di mulut muara sungai sehingga daerah tersebut mempunyai prospek kedepan dengan terbentuknya sebuah Pulau Lumpur. Pulau Lumpur tersebut terbentuk dari hasil sedimentasi luapan lumpur Sidoarjo yang terletak sekitar 20 km dari Kota Sidoarjo. Selama pengerukan yang dimulai sejak November 2008 dan pulau yang diresmikan pada Desember 2011, luas daratan hasil pengerukan ini tercatat mencapai 94 hektar

(BPLS, 2013). Pembentukan sedimen sangat dipengaruhi oleh adanya pasang surut yang membawa partikel yang diendapkan saat surut (Poedjiraharjoe, 1996). Melihat fakta bahwa sedimentasi akan terus berlangsung (karena semburan lumpur belum dapat dihentikan), maka secara langsung akan mempengaruhi perkembangan Pulau Lumpur baik secara geografis luas wilayah maupun ditinjau dari tatanan ekosistem di dalamnya. Sejauh ini keberadaan pulau Lumpur lebih sering digunakan sebagai pusat penelitian beberapa universitas dan aktivitas lingkungan seperti penanaman mangrove di pulau tersebut. Jika pengembangan pulau ini tidak direncanakan dengan matang, maka bisa jadi terbentuknya pulau tersebut tidak akan memberikan kebermanfaatan melainkan akan menimbulkan permasalahan baru yang lebih kompleks. Untuk memanfaatkan Pulau Lumpur tersebut bagi masyarakat di daerah terdampak, salah satu upaya yang terus dilakukan oleh pemerintah setempat yaitu melalui pemanfaatan wisata di kawasan Pulau Lumpur tersebut dengan berbasis pada konsep ekowisata. Pengembangan ekowisata yang dilakukan sejauh ini hanya sebatas dengan penanaman tumbuhan mangrove.

Mangrove merupakan ekosistem paling produktif di bumi yang hidup di kawasan air payau di sepanjang pantai tropis dan subtropis (ITTO, 2002). Ekosistem mangrove merupakan fungsi habitat untuk nilai komersial ikan dan udang, juga efektif sebagai pengikat sedimen, berperan terhadap daur ulang siklus nutrient, serta dapat melindungi garis pantai dari abrasi. Keberadaan hutan mangrove di kawasan pesisir secara ekologi dapat berfungsi sebagai penahan lumpur dan *sediment trap* termasuk sebagai penyerap racun limbah-limbah beracun yang terbawa oleh aliran air. Secara umum ekosistem mangrove merupakan sumber daya alam yang memiliki intensitas relasi yang tinggi dengan masyarakat, mengingat mangrove saat ini sudah banyak berkembang di kawasan yang cukup terbuka dan berkembang. Pada intinya, budidaya mangrove yang dilakukan ini diharapkan dapat menetralkan kandungan racun yang berbahaya sehingga dapat merevitalisasi kerusakan ekosistem di daerah terdampak akibat luapan Lumpur Sidoarjo.

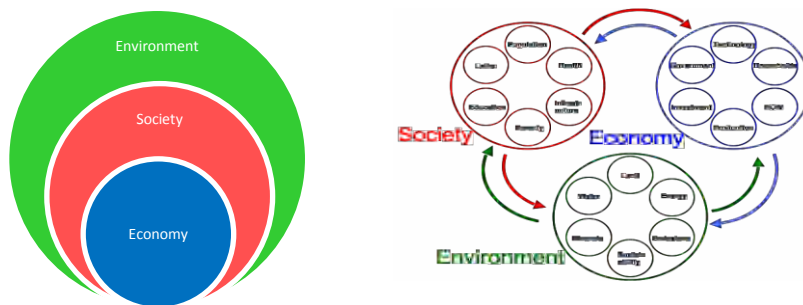
Dilansir pada salah satu *website* Pemerintah Kabupaten Sidoarjo, dengan menjalin kerjasama dengan Kementerian Kelautan dan Perikanan, pulau tersebut

dimanfaatkan untuk usaha-usaha ekonomi rakyat (DPRD Kabupaten Sidoarjo, 2014). Dalam hal ini, kebijakan pengembangan mangrove akan diarahkan pada dua skenario kebijakan yaitu ekowisata dan wanamina (*silvofishery*). Ekowisata berarti mengembangkan aspek pariwisata lingkungan dari mangrove. Sedangkan wanamina (*silvofishery*) melalui pengembangan aspek perikanan dan pertambakan pada kawasan hutan mangrove. Dengan adanya dua skenario tersebut diharapkan akan memberikan dampak positif secara langsung baik terhadap lingkungan terdampak luapan lumpur maupun terhadap masyarakat sekitar. Pengembangan ini dilakukan sebagai upaya revitalisasi lingkungan akibat dari bencana luapan Lumpur Lapindo. Tiga aspek yang menjadi fokus dan perhatian khusus akibat dampak bencana luapan lumpur Sidoarjo antara lain aspek ekonomi, aspek sosial, dan aspek lingkungan. Dengan demikian dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai kebijakan yang tepat sebagai upaya untuk mengembangkan Pulau Lumpur.

Sejauh ini penelitian mengenai mangrove di kawasan pesisir Sidoarjo masih sangat terbatas dan pemanfaatannya yang belum terintegrasi, misalnya hanya sebatas analisis dan kondisi kualitas lingkungan yang ada di pesisir Sidoarjo akibat adanya bencana lumpur Lapindo (Suning, 2012) dan perkembangan hutan mangrove di muara kali porong (Balai Riset dan Observasi Kelautan, 2009). Begitu pula dengan obyek penelitian yaitu ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo, Fahmi (2011) merekomendasikan kebijakan *geo-ecotourism* di Pulau Lumpur Sidoarjo namun belum mengkaji dampak yang ditimbulkan di masa mendatang.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Maftuhah (2013) untuk menganalisis kebijakan mangrove yang berbasis komunitas dengan memanfaatkan konsep *green economy*. *Green Economy* merupakan suatu konsep ekonomi yang diperkenalkan oleh PBB khususnya *United Nations Environment Programme* sebagai konsep ekonomi pembangunan dengan memprioritaskan pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan dalam rangka meningkatkan kesejahteraan manusia dalam aspek sosial (UNEP, 2011). Menurut Bassi (2011), *green economy* bertitik tolak pada pengetahuan tentang ekologi ekonomi untuk menangani saling ketergantungan ekonomi manusia dan ekosistem alam serta dampak buruk yang

diakibatkannya terhadap perubahan iklim dan kerusakan lingkungan. Konsep *green economy* menyelaraskan antara pertumbuhan ekonomi yang berkelanjutan, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan, pemanasan global, penipisan sumber daya alam, dan degradasi lingkungan. Dalam kaitannya dengan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam, *green economy* harus mampu mengubah pola pemanfaatan sumber daya alam menjadi berorientasi jangka panjang dengan mengacu pada 3 (tiga) aspek pembangunan berkelanjutan (aspek ekonomi, aspek sosial, dan aspek ekologis/lingkungan). Keterkaitan aspek ekonomi, sosial dan lingkungan dalam *green economy* ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Konsep dan Keterkaitan antar Aspek dalam *Green Economy* (Bassi, 2011)

Penelitian yang hendak dilakukan ini bertujuan untuk menganalisis dan memodelkan skenario kebijakan pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur dan memberikan rekomendasi skenario kebijakan yang tepat. Penelitian ini hanya berfokus pada aspek lingkungan sebagai pendukung dalam membangun konsep *green economy* secara keseluruhan. Dengan demikian, tolok ukur keberhasilan skenario kebijakan yaitu berdasarkan konsep keberlanjutan lingkungan yang ditinjau dari kontribusi pendayagunaan hutan mangrove terhadap lingkungan serta terhadap pendapatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan temuan gap penelitian, maka dapat dirumuskan permasalahan yang hendak diteliti. Adapun permasalahan yang hendak diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah skenario kebijakan yang efektif dalam mengembangkan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo?
2. Bagaimanakah dinamika kebijakan pengembangan ekowisata yang diterapkan sehingga dapat berpengaruh positif dan kemanfaatannya terhadap aspek lingkungan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang telah dijelaskan di atas adalah sebagai berikut:

1. Membuat suatu model pengembangan ekowisata berbasis lingkungan yang berkelanjutan di Pulau Lumpur Sidoarjo
2. Mengetahui faktor-faktor penting yang berkaitan dan berpengaruh terhadap pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo
3. Merekomendasikan skenario kebijakan untuk pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo secara berkelanjutan ditinjau dari kontribusi dan pendayagunaan hutan mangrove terhadap lingkungan

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut:

1. Mengetahui dan memahami dinamika pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo dari aspek keberlanjutan lingkungan
2. Memberikan alternatif skenario kebijakan untuk pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur berbasis lingkungan yang berkelanjutan ditinjau dari kontribusi penyerapan karbon serta terhadap pendapatan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam penelitian ini meliputi batasan masalah dan asumsi penelitian yang dimaksudkan untuk membatasi kajian penelitian terkait lokasi penelitian serta pokok bahasan yang menjadi permasalahan.

1.5.1 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah objek pemodelan pengembangan ekowisata hanya pada area Pulau Lumpur Sidoarjo. Penelitian ini hanya berfokus pada aspek lingkungan dalam konsep *Green Economy* yang memiliki *triple bottom line*.

1.5.2 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan pendekatan data pengembangan ekowisata di daerah lain yang sudah berkembang antara lain data fraksi peningkatan promosi, proporsi ketertarikan wisatawan, dan emisi polusi gas dari sampah dan kendaraan wisatawan. Data tersebut dijadikan sebagai input data dalam pemodelan simulasi kebijakan untuk pengembangan ekowisata Pulau Lumpur Sidoarjo.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep *Green Economy*

Konsep pembangunan berkelanjutan dikembangkan oleh *World Commission on Environment and Development* (WCED) pada tahun 1987 melalui buku yang berjudul *Our Common Future*. Menurut Smith (1997) dalam Sunoto (2013) perspektif pembangunan berkelanjutan antara lain:

- a. Berbasis pada biofisik
- b. Memungkinkan pertumbuhan ekonomi
- c. Menjamin pemerataan distribusi
- d. Mengukur kekayaan multidimensi yang tidak hanya pada uang
- e. Mendorong nilai-nilai konservasi
- f. Pemberdayaan masyarakat
- g. Peningkatan efisiensi sumberdaya
- h. Pengembangan perancangan instrumen ekonomi baru
- i. Mendorong keadilan dalam hal kelembagaan, perangkat ekonomi, dan proses bisnis.

Pembangunan berkelanjutan merupakan pembangunan yang mempertimbangkan kondisi di masa mendatang baik dari segi eksploitasi sumberdaya, arah investasi, orientasi pengembangan teknologi, dan perubahan kelembagaan dilakukan secara selaras dalam rangka meningkatkan potensi masa kini dan masa depan untuk memenuhi kebutuhan dan aspirasi manusia (WCED, 1987). Masalah pembangunan erat kaitannya dengan masalah ekonomi dan lingkungan, sehingga esensi dari pembangunan berkelanjutan adalah mengantisipasi masalah yang muncul terkait pembangunan (ekonomi) dan lingkungan. Konsep *green economy* berkembang untuk mendukung pembangunan berkelanjutan mengingat saat ini pembangunan hanya dipentingkan pada masalah ekonomi, namun masalah lingkungan dikesampingkan.

Green economy diperkenalkan oleh *United Nation Environment Programme* (UNEP), yang menjelaskan bahwa *green economy* adalah sistem

ekonomi yang disamping mampu meningkatkan kesejahteraan manusia juga mengurangi risiko lingkungan dan kerusakan ekologi melalui efisiensi sumber daya, rendah karbon, dan aspek sosial. Dengan demikian, *green economy* merupakan kegiatan ekonomi yang selain bertujuan utama untuk meningkatkan kesejahteraan manusia juga diharapkan mampu memberikan dampak positif terhadap keadilan baik bagi masyarakat maupun lingkungan serta sumber daya alam.

Konsep *green economy* diharapkan dapat mengintegrasikan dalam kaitannya dengan pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam, sehingga dapat mengubah pola pemanfaatan sumber daya alam yang eksploratif berjangka pendek menuju pengelolaan yang berorientasi jangka panjang dan berwawasan lingkungan. Secara esensial, *green economy* mengarah pada pemenuhan kebutuhan manusia dan lingkungan (Maftuhah, 2013).

Bassi (2011) menjelaskan bahwa konsep *green economy* tidak hanya mementingkan lingkungan, tetapi juga memperhatikan kebutuhan manusia akan sosial dan ekonomi. Mengacu pada pembangunan berkelanjutan, *green economy* fokus pada tiga aspek yaitu aspek ekonomi, aspek sosial, dan aspek lingkungan serta bertitik tolak pada daya dukung dan daya tampung lingkungan. Dalam hal ini pertumbuhan dan perkembangan ekonomi akan dikendalikan oleh investasi baik swasta maupun publik yang mampu mengurangi emisi karbon dan polusi, mengembangkan energi, efisiensi sumber daya alam, serta upaya konservasi keanekaragaman hayati dan ekosistem dari kerusakan. Upaya penerapan *green economy* harus ditunjang serta mengedepankan adanya partisipasi aktif dari aparat pelaksana dan pembuat kebijakan (*good governance*). *The Global Green Economy Index* mengukur keberhasilan suatu negara dalam mempromosikan model ekonomi hijau dalam empat aspek antara lain komitmen pemimpin nasional, kebijakan domestik yang ramah lingkungan, investasi yang ramah lingkungan, dan kegiatan ekonomi misalnya wisata yang berwawasan lingkungan (Wanggai, 2012).

2.2 Bencana Lumpur Sidoarjo

Aktivitas semburan lumpur Sidoarjo masih saja berlangsung. Bencana lumpur yang terjadi sejak 29 Mei 2006 lalu itu masih terus mengeluarkan luapan. Pusat semburan pertama terjadi di Desa Renokenongo, Porong Sidoarjo dan masih terus meluas hingga sekitar 640 hektar. Terdapat beberapa desa di 3 kawasan kecamatan yang terendam lumpur antara lain, Kecamatan Porong yang meliputi Desa Jatirejo, Siring, Renokenongo, dan Mindi. Sedangkan kecamatan Jabon meliputi Desa Pejarakan, Kedungturi dan Besuki. Sementara kecamatan Tanggulangin kawasan yang terendam lumpur meliputi Desa Kedungbendo, Ketapang, dan Kalitengah. Akibat semburan lumpur tersebut, setidaknya terdapat sebanyak 10.426 unit rumah, 33 unit sekolah, 4 unit kantor pemerintahan, 30 pabrik perusahaan, 65 unit tempat ibadah, dan 3 bangunan pondok pesantren yang mengalami kerusakan akibat terendam lumpur.

Pada tahun 2013, aktivitas semburan telah jauh berkurang dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Titik pusat semburan seringkali berjumlah lebih dari satu. Meskipun data historis tahunan semburan lumpur menunjukkan penurunan aktivitas, namun yang perlu diwaspadai adalah indikasi peningkatan volume luapan lumpur. Peningkatan luapan lumpur memiliki ciri-ciri:

1. Terjadi perulangan dari luapan lumpur padu terutama di lereng atas bagian barat pusat semburan
2. Terjadi pengisian sedimen pada hampir semua daerah cekungan sehingga menyebabkan pengangkalan
3. Munculnya sungai-sungai aktif berbentuk radikal, khususnya yang memiliki hulu di daerah lereng atas pusat semburan, yang membawa material lumpur halus dari sumber limpasan pusat semburan, atau terjadi daur ulang dari lumpur yang mengendap.

Berdasarkan hasil pengolahan data survey dan GPS diperoleh informasi bahwa terdapat pergerakan tanah di luar PAT (Peta Area Terdampak) pada periode Oktober 2013, namun pada bulan desember 2013 pergerakan mulai mengalami kestabilan. Meskipun demikian, pada area tertentu ada yang mengalami pergerakan yang relatif lebih besar yang terdapat di radius 1 km dari pusat semburan, dengan pergerakan terjadi sampai level 4 centimeter (BPLS,

2014). Gambar 2.1 merupakan *eagleview* dari peta topografi semburan Lumpur Sidoarjo.



Gambar 2.1 Peta Topografi Semburan Lumpur Sidoarjo pada Desember 2013 (BPLS, 2013)

Dalam upaya pencapaian target Pengurangan Dampak Fenomena Geologi, kegiatan utama yang dilakukan adalah pengaliran luapan lumpur ke Kali Porong, yang kemudian dibuang ke laut secara alami mengikuti aliran air sungai. Menurut keterangan BPLS (2009), Pengaliran lumpur ke Kali Porong sampai tahun 2014 ditargetkan sebanyak 203,4 juta m³ atau sebesar 78,36% apabila diukur sampai dengan tahun 2013 atau sebesar 59,87% diukur dari target sampai dengan tahun 2014. Dengan demikian, sisa target pengaliran lumpur ke Kali Porong sampai akhir tahun 2014 kurang lebih masih sekitar 81,6 juta m³. Dampak yang dapat dirasakan akibat pengaliran lumpur ke Kali Porong dalam kurun waktu tahun 2009 sampai dengan 2013 yaitu dapat terselamatkannya infrastruktur jalan arteri lama dan rel kereta api yang berada di sisi barat luar tanggul utama, sekaligus mengamankan jalur transportasi utama Jawa Timur dari Surabaya ke arah selatan dan timur.

Pada tahun 2013, lumpur dan padatan lumpur yang berhasil dialirkan ke Kali Porong berupa *slurry* atau campuran lumpur dan air dengan total volume sekitar 30 juta m³, atau setara dengan 10 juta m³ padatan endapan (BPLS, 2014). Melihat kondisi energi arus sungai yang begitu besar yaitu dengan kapasitas sekitar 1.600 m³/detik memungkinkan selama kegiatan pengaliran lumpur ini tidak akan mengganggu fungsi Kali Porong sebagai pengendali banjir Sungai Brantas. Adapun target dan realisasi pengaliran lumpur ke Kali Porong dalam kurun waktu tahun 2010 sampai dengan tahun 2014 ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Target dan Realisasi Volume Lumpur yang Dialirkan ke Kali Porong (BPLS, 2014)

Beberapa kendala yang dihadapi oleh pemerintah dalam kegiatan pengaliran lumpur tersebut adalah karena adanya demonstrasi yang dilakukan oleh warga terdampak dengan memblokir wilayah kerja pengaliran lumpur, tenggelam dan rusaknya kapal keruk tertentu, kurangnya air untuk mengaduk lumpur padat agar menjadi lumpur cair, serta bocornya beberapa pipa pembawa yang mengalirkan luapan lumpur ke Kali Porong.

2.3 Mangrove

Mangrove merupakan komunitas vegetasi pantai tropis yang mempunyai karakteristik khas, tumbuh dan berkembang pada daerah pasang surut pantai tropis misalnya laguna, muara sungai, dan pantai yang terlindung dengan substrat lumpur atau lumpur berpasir (Permenhut, 2011). Mangrove bisa tumbuh pada daerah pantai yang terlindung dari gelombang yang besar dan pada muara sungai besar atau delta yang banyak mengandung lumpur dan pasir. Menurut Bengen (2002), Ekosistem mangrove memiliki karakteristik yang khas antara lain:

1. Biasanya tumbuh pada daerah intertidal yang berlumpur, berlempung atau berpasir
2. Daerah yang tergenang air laut baik setiap hari maupun hanya saat pasang purnama. Komposisi hutan mangrove akan dipengaruhi oleh frekuensi genangan
3. Menerima pasokan air tawar yang cukup dari darat
4. Tidak pada area yang memiliki pasang surut dan gelombang yang kuat. Kadar salinitas air payau antara 2-22% hingga asin mencapai 38%
5. Ditemukan pada pantai-pantai teluk yang dangkal, estuari, delta, dan daerah pantai yang terlindung

Variasi jenis tumbuhan hutan mangrove dipengaruhi oleh lingkungan fisiknya, sehingga terdapat zona-zona vegetasi tertentu. Faktor lingkungan yang mempengaruhi antara lain jenis tanah, hempasan ombak, dan pasang surut air laut. Bengen (2002) mengklasifikasikan zonasi hutan mangrove di Indonesia dimana daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir banyak ditumbuhi jenis *Avicennia spp* (api-api). Pada zona ini juga biasanya berasosiasi dengan *Sonneratia spp* (pidada) yang dominan tumbuh pada substrat yang berlumpur dan kaya akan bahan organik. Zona berikutnya banyak ditumbuhi oleh jenis *Bruguiera spp* (kendeka). Sementara zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah didominasi oleh *Nypa fruticans* (nipah), dan beberapa jenis palem lainnya.

Vegetasi mangrove merupakan sumber daya alam tropis yang mempunyai banyak manfaat ditinjau dari aspek ekonomi, sosial, maupun ekologi (lingkungan). Vegetasi mangrove merupakan suatu bagian dari ekosistem yang

dikenal dengan hutan mangrove. Hutan mangrove merupakan ekosistem yang memiliki fungsi fisik, fungsi biologi, dan fungsi ekonomi atau produksi (Naamin, 1991). Fungsi fisik yaitu, melindungi pantai dan sungai, menjaga kestabilan garis pantai, mencegah terjadinya abrasi, serta sebagai penetral racun dan limbah. Fungsi biologi yaitu sebagai habitat pasca larva jenis-jenis ikan tertentu, udang dan bangsa krustacea lainnya, serta tempat sarang burung dan berbagai jenis biota. Ekosistem mangrove memiliki fungsi produktivitas yang tinggi (White, 1985 dalam Naamin, 1991). Sedangkan fungsi ekonomi atau produksi ekosistem mangrove yaitu sebagai cadangan sumber daya alam (bahan mentah) yang dapat diolah menjadi komoditi perdagangan sehingga bisa menambah kesejahteraan masyarakat setempat, sebagai tempat wisata (*eco-tourism*), penelitian, dan pendidikan.

Menurut Hamilton dan Snedaker dalam Naamin (1991), pemanfaatan mangrove dapat digolongkan menjadi 2, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pemanfaatan mangrove secara langsung meliputi: sebagai bahan bakar yang dapat diolah menjadi kayu bakar, arang, alkohol, sebagai bahan bangunan, alat penangkap ikan, bahan tekstil dan kulit, sumber makanan dan obat-obatan, bahan produk kertas, bahan untuk perabotan rumah tangga, dan bahan pupuk pertanian. Sementara pemanfaatan secara langsung antara lain: produk ikan, udang, moluska, madu, burung, mamalia, reptil, dan fauna lainnya.

2.4 Konsep Ekowisata

Pengertian Ekowisata menurut The International Ecotourism Society adalah suatu perjalanan wisata yang bertanggung jawab terhadap konservasi lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat sekitar (Lindberg & Hawkins, 2003). Pengertian mengenai ekowisata telah banyak mengalami perkembangan, namun pada intinya ekowisata merupakan suatu bentuk wisata yang berprinsip untuk menjaga kelestarian alam, memberikan manfaat secara ekonomi dan mempertimbangkan warisan budaya masyarakat setempat.

Menurut Honey dalam Bahar (2004), terdapat 7 prinsip yang mengacu ekowisata, antara lain:

- a. Perjalanan ke suatu tempat yang alami (*involves travel to natural destinations*).

Biasanya destinasi wisata merupakan tempat yang jauh, masih jauh dan lingkungannya masih terlindungi dengan baik.

- b. Meminimalkan dampak negatif (*minimize impact*)

Ekowisata akan meminimalisir dampak negatif dari kegiatan pariwisata. Usaha meminimalisir dampak negatif tersebut dapat dilakukan dengan mempertimbangkan efektivitas dan efisiensi dari pemanfaatan sumber daya alam, mengoptimalkan sumber daya alam terbaru, pembuangan dan pengolahan limbah dan sampah yang terstruktur dengan baik, menggunakan tatanan arsitektur sesuai dengan lingkungan dan budaya setempat, serta membatasi jumlah wisatawan sesuai dengan daya dukung obyek wisata.

- c. Membangun kepedulian terhadap lingkungan (*build environment awareness*)

Pendidikan merupakan elemen penting dalam membangun ekowisata. Dengan pembekalan informasi dan pengetahuan yang cukup mengenai karakteristik obyek wisata dan kode etik yang dipegang teguh, maka diharapkan semua pihak dapat bersinergi dalam membangun dan mendukung ekowisata dan meningkatkan kesadaran serta kepedulian terhadap lingkungan.

- d. Memberikan manfaat finansial secara langsung terhadap kegiatan konservasi (*provides direct financial benefits for conservation*)

Keuntungan yang didapatkan dari kegiatan ekowisata dapat dimanfaatkan sebagai modal untuk melakukan konservasi lingkungan, penelitian, dan pendidikan.

- e. Memberikan manfaat finansial dan pemberdayaan pada masyarakat setempat (*provides financial benefit and empowerment for local people*)

Ekowisata harus mampu memberdayakan dan meningkatkan kapasitas masyarakat sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat. Dengan demikian, masyarakat akan merasa diuntungkan dengan keberadaan ekowisata tersebut.

f. Menghormati budaya setempat (*Respect local culture*)

Ekowisata selain berfokus pada pelestarian lingkungan hidup juga turut berpartisipasi dalam mempertahankan budaya masyarakat setempat.

g. Mendukung gerakan hak asasi manusia dan demokrasi (*support human right and democratic movement*)

Ekowisata dikenal wisata *low-carbon* yang dipandang sebagai pengembangan yang berkelanjutan pada industri pariwisata karena dapat mengurangi konsumsi energi, mencapai target penyimpanan energi dan pengurangan karbon dioksida, juga dapat meminimalkan biaya operasi dan menaikkan profit industri pariwisata (Z.Tang et al., 2011). Ekowisata tidak hanya terbatas pada wisata dan atau suatu tempat untuk mendapatkan profit maksimal, menjaga budaya lokal, dan bentuk konservasi lingkungan. Di sisi lain, ekowisata juga memberikan implikasi dalam menumbuhkan kesadaran isu-isu lingkungan bagi industri maupun bisnis pariwisata yang berkelanjutan.

2.5 Potensi Ekowisata Mangrove

Menurut pendapat Dahuri dalam (Muhaerin, 2008), pemanfaatan ekosistem mangrove yang paling berpotensi tanpa menimbulkan kerusakan ekosistem adalah untuk penelitian ilmiah (*scientific research*), pendidikan (*education*), dan rekreasi terbatas/ ekowisata (*limited recreation/ecotourism*). Kajian mengenai pengelolaan manajemen mangrove berbasis komunitas (*Community Based Mangrove Management- CBMM*) telah direkomendasikan oleh para pakar akademisi maupun lembaga pemerintah sebagai alternatif untuk mengelola hutan mangrove secara ekologis dan berkelanjutan (Datta et al., 2012).

Dalam CBMM, program pengelolaan budidaya mangrove dapat dikembangkan melalui wanamina (*silvofishery*) dan ekowisata (Maftuhah, 2013). *Silvofishery* atau lebih dikenal dengan wanamina merupakan integrasi antara kegiatan budidaya perikanan dengan kegiatan kehutanan (mangrove) dalam suatu lingkup wilayah yang sama (BPLS, 2011). Wanamina berpotensi memberikan nilai ekonomi dalam konversi dan memanfaatkan sumberdaya mangrove dalam lingkungan yang sensitif dan aktivitas yang berkelanjutan. Program ini merupakan

pola pendekatan teknis yang berusaha mengatasi masalah permasalahan kelestarian hutan mangrove dan kesejahteraan masyarakat. Pengembangan wanamina pada kawasan area terdampak bencana Lumpur Lapindo Sidoarjo, direncanakan 20% untuk empang/lahan berair dan 80% untuk mangrove (Harnanto, 2011).

Selain wanamina, program ekowisata juga memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap pelestarian kawasan mangrove dengan pengelolaan berbasis komunitas. Banyak indikator berdasarkan potensi ekowisata pada ekosistem mangrove akan mempunyai nilai yang sangat tinggi (Abidin, 1999 dalam Datta et al. 2012). Program ekowisata akan secara simultan terhadap kegiatan konservasi dan membangkitkan pertumbuhan ekonomi bagi masyarakat setempat. Disamping itu, dipandang dari aspek pendidikan dapat meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai sumberdaya mangrove sehingga dapat menjadi nilai edukasi untuk menjaga biodiversitas dan ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

2.6 Kualitas Lingkungan Hidup di Pulau Lumpur

Berdasarkan studi kondisi ekosistem menunjukkan bahwa kualitas air mengalami peningkatan baik dari kualitas air laut maupun kualitas air sungai beserta biotanya. Kondisi demikian ditunjukkan dengan indikator oksigen terlarut atau DO (*Dissolved Oxygen*) yang menunjukkan peningkatan kualitas dari tahun 2010 sampai tahun 2012. Demikian pula dengan tingkat COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang menunjukkan tingkat pencemaran air yang masih tergolong rendah jika dibandingkan pada kondisi sebelumnya (BPLS, 2013).

Disamping itu, kondisi air yang diambil sari sampel air sumur di area Pulau Lumpur ternyata bisa digunakan sebagai sumber air bersih untuk keperluan memasak. Namun masih diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai hal ini untuk mengetahui tingkat pencemaran yang diakibatkan dari limbah industri di hulu Kali Porong, sehingga dapat mempengaruhi kualitas air dan sedimen yang ada pada daerah hilir.

Dari kondisi vegetasi pada akar tanaman mangrove ditemukan kandungan logam berat. Hal ini mengindikasikan bahwa tanaman mangrove dapat menyerap kandungan logam berat dan menetralkan bahan pencemar. Kandungan logam

berat juga ditemukan pada ikan yang dibudidayakan di Pulau Lumpur, namun kadarnya masih berada dalam tingkatan di bawah standar baku mutu sehingga aman untuk dikonsumsi.

Upaya pengaliran lumpur ke Kali Porong dikhawatirkan akan mengalihkan fungsi Kali Porong dan menimbulkan masalah baru. Hasil penelitian yang dilakukan oleh BPLS menunjukkan bahwa endapan akan meningkat ketika musim kemarau karena pembuangan lumpur, namun seiring dengan bertambahnya debit Kali Porong pada musim penghujan, endapan lumpur tersebut akan terbawa arus mengalir ke laut. Dengan demikian, secara lingkungan Kali Porong masih dapat dipertahankan sebagai kanal banjir DAS Brantas.

2.7 Berkurangnya Area Mangrove Di Indonesia

Hutan dan terumbu karang yang dimiliki Indonesia menempati posisi ketiga terluas di dunia. Kondisi tersebut, mendukung pembangunan dan telah memberikan manfaat terhadap kesejahteraan kehidupan masyarakat. Namun, dewasa ini sering terjadi kerusakan lingkungan pesisir akibat pengelolaan sumber daya alam yang kurang tepat. Berdasarkan laporan World Bank, kerusakan hutan mencapai lebih dari 1 juta per tahun. Kementerian Kehutanan mencatat total luas hutan Indonesia pada tahun 1999 kurang lebih 8,6 juta Ha. Hasil Pusat Survey Sumber Daya Alam Laut (PSSDAL) BAKOSURTANAL tahun 2009, luas total hutan mangrove di Indonesia hanya sekitar 3.244.018,460 hektar.

Ekosistem mangrove merupakan sumberdaya yang memiliki produktivitas tinggi bagi masyarakat pesisir. Di sisi lain, tuntutan kehidupan berakibat akan membawa banyak perubahan dan permasalahan di kawasan pesisir, misalnya penurunan sumber daya akibat erosi, konversi hutan bakau, reklamasi pantai, dan pencemaran sampah maupun limbah industri. Ekosistem mangrove memiliki andil yang sangat besar pada kawasan pesisir. Nilai tambah yang dapat diberikan ekosistem mangrove yaitu sebagai penyedia sandang, pangan, papan, bahan baku obat, dan merupakan habitat flora dan fauna pesisir. Selain itu, mangrove berfungsi sebagai pelindung garis pantai dari gelombang dan angin kencang, mengatur sedimentasi, memperbaiki kualitas air, mengendalikan intrusi air laut,

mengatur air bawah tanah, dan menjaga stabilitas iklim mikro (Kementerian Lingkungan Hidup, 2014).

Semakin berkurangnya luas areal mangrove disebabkan oleh ulah manusia yang mengkonversi lahan mangrove untuk berbagai keperluan. Kegiatan pembangunan merupakan salah satu yang menyebabkan hilangnya kawasan mangrove di Indonesia, misalnya konversi lahan mangrove untuk areal pertambakan, pemukiman, dan areal pertanian, serta pemanfaatan kayu untuk keperluan komersial (Pramudji, 2001). Pemanfaatan hutan mangrove baik untuk produksi kayu, lahan pertanian, pertambakan, maupun pemukiman sering kali membawa dampak yang serius. Eksploitasi mangrove yang berlebihan akan menimbulkan terjadinya perubahan ekosistem pesisir, terlebih hutan mangrove sebagai sumber plasma nutfah di daerah pesisir dan juga sebagai habitat berbagai macam larva ikan, udang, dan biota laut lainnya. Selain itu, mangrove juga berfungsi untuk menstabilkan dan melindungi pantai dari abrasi dan hempasan gelombang. Jika konversi lahan mangrove terus dilakukan maka dapat menyebabkan abrasi dan tanah longsor. Lebih dari 50% dari total luas mangrove di Indonesia mengalami kerusakan, sehingga akan berpengaruh terhadap menurunnya biodiversitas dan jasa lingkungan ekosistem mangrove akibat perubahan fungsi lahan sehingga meningkatkan risiko bencana (Kelompok Kerja Mangrove Tingkat Nasional, 2013).

Pemanfaatan hutan mangrove perlu memperhatikan aspek yang berkaitan dengan kelestarian lingkungan. Jika pemanfaatannya dilakukan secara eksploitatif dan tidak terkendali maka akan mengancam keberadaan mangrove itu sendiri yang akan berimbas pada kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan rehabilitasi hutan mangrove yang telah kritis untuk merevitalisasi dan mengembalikan fungsi perlindungan, pelestarian, dan fungsi produksinya. Upaya rehabilitasi yang dilakukan adalah dengan mengadakan kegiatan reboisasi atau penanaman kembali pada lahan mangrove yang kritis. Selain upaya rehabilitasi, juga perlu adanya upaya konservasi. Upaya konservasi ini dilakukan untuk melindungi dan melestarikan habitat dan ekosistemnya, melindungi flora dan fauna yang terancam punah dan mengelola areal mangrove secara berkesinambungan.

Menyikapi berbagai persoalan terkait kondisi hutan mangrove di Indonesia yang semakin mengkhawatirkan, maka diperlukan perhatian dan penanganan yang intensif. Sugiarto dan Ekariyono dalam (Pramudji, 2001), menjelaskan bahwa strategi pokok konservasi untuk mendasari pengelolaan hutan di kawasan pesisir adalah berikut ini:

1. Perlindungan proses ekologis dan menopang kehidupan kawasan
2. Pelestarian keragaman sumber daya plasma nutfah
3. Pelestarian pemanfaatan jenis dan ekosistem
4. Tata guna dan tata ruang kawasan hutan pantai

2.8 Konsep Pemodelan Sistem Dinamik

Definisi sederhana mengenai sistem adalah kumpulan komponen yang saling berinteraksi guna mencapai suatu tujuan tertentu. Dalam mempelajari dan menganalisis sebuah sistem diperlukan suatu metode dimana setiap komponen menjadi fokus dalam melakukan analisis (Maftuhah, 2013). *System dynamics* merupakan salah satu metode yang dapat menganalisis sistem secara baik. Coyle (1999), menjelaskan pengertian sistem dinamik sebagai suatu metode analisis permasalahan berdasarkan dinamika waktu yang meliputi pemahaman bagaimana suatu sistem dapat dipertahankan dari gangguan di luar sistem atau dibuat berdasarkan tujuan dari pemodelan sistem. Dalam *system dynamics*, terdapat perlakuan untuk mempelajari bagian dari suatu sistem yang menyeluruh tanpa mengabaikan sistem amatan dengan lingkungan.

2.8.1 Penyusunan Konsep

Tahap awal simulasi adalah penyusunan konsep. Gejala atau proses yang akan ditirukan perlu dipahami, antara lain dengan menentukan unsur-unsur yang berperan dalam proses atau gejala tersebut. Unsur-unsur tersebut saling berhubungan, saling berinteraksi, dan saling berketergantungan. Dengan memahami unsur-unsur dan keterkaitannya maka dapat disusun gagasan atau konsep mengenai gejala atau yang akan disimulasikan.

2.8.2 Pembangunan Model

Model merupakan suatu bentuk yang dibuat untuk menirukan gejala atau proses. Model dapat dikategorikan menjadi model kuantitatif, kualitatif, dan model ikonik (Muhammadi et al., 2001). Model kuantitatif adalah model yang disusun berupa rumus matematis, statistik, atau komputer. Simulasi dapat dilakukan dengan memasukkan data ke dalam model dengan perhitungan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses. Model kualitatif adalah model yang dijelaskan dalam bentuk gambar, diagram, atau matriks yang menyatakan hubungan antar unsur. Di dalam model kualitatif, perlu dilakukan analisis hubungan sebab akibat antar unsur dengan memasukkan data yang dikumpulkan untuk mengetahui perilaku gejala atau proses. Sedangkan model ikonik adalah model yang mempunyai bentuk fisik sama dengan yang ditirukan dengan skala yang dapat diperbesar atau diperkecil. Dalam model ikonik, simulasi dilakukan dengan percobaan secara fisik dengan menggunakan model tersebut untuk mengetahui perilaku model dalam kondisi yang berbeda.

Dalam pembuatan model ini dilakukan dengan bantuan *software* Stella© (*iSee System*). Dengan bantuan *software* tersebut, simulasi dapat dibuat berdasarkan sistem nyata.

- ***Causal Loop Diagram (CLD)***

Perilaku sistem dibentuk oleh kombinasi perilaku umpan balik yang menyusun struktur sistem. Causal Loop Diagram (CLD) atau diagram simpal kausal menunjukkan hubungan sebab-akibat dari suatu kejadian yang diungkapkan dalam bahasa gambar tertentu (Muhammadi et al., 2001). Bahasa gambar yang biasa digunakan berupa anak panah yang menghubungkan variabel-variabel dalam hubungan kausal dimana bagian pangkal menunjukkan sebab dan bagian ujung menunjukkan akibat. Setiap hubungan kausal memiliki polaritas positif (+) atau negatif (-) yang menandakan bagaimana kondisi *dependent variable* berubah ketika terjadi perubahan *independent variable*. Hubungan sebab akibat dapat dinyatakan dalam dua tanda, diantaranya:

1. Hubungan positif, yaitu suatu kondisi dimana elemen A mempunyai hubungan yang searah dengan elemen B, misalnya peningkatan nilai A akan mempengaruhi peningkatan nilai B
 2. Hubungan negatif, yaitu suatu kondisi dimana elemen A mempunyai hubungan yang berlawanan arah dengan elemen B, misalnya peningkatan nilai A akan mempengaruhi penurunan nilai B.
- CLD dapat diilustrasikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh Causal Loop Diagram (CLD) Bidang Kependudukan (Muhammadi et al., 2001)

- ***Stock Flow Diagram (SFD)***

Pada simulasi model, variabel-variabel saling dihubungkan membentuk suatu sistem yang dapat menirukan kondisi sebenarnya. *Stock Flow Diagram* (SFD) menekankan pada struktur fisik dari struktur sistem. SFD merupakan akumulasi aliran dari material, uang, informasi yang terdapat dalam sebuah sistem (Sterman, 2004). SFD merupakan transformasi dari CFD menjadi hubungan antara *stock* dan *flow* yang dapat dimengerti oleh *software* komputer (Tarida, 2014). Beberapa simbol-simbol SFD yang digunakan dalam pemodelan sistem dinamik adalah sebagai berikut.

- ***Stock / Level***

Stock atau juga disebut *level* digambarkan dalam bentuk segi empat. *Stock* menghasilkan suatu informasi untuk melakukan tindakan atau pengambilan keputusan. Suatu variabel dikatakan *stock* jika variabel tersebut tidak mudah berubah. Perubahan pada *stock* hanya akan dipengaruhi oleh perubahan dari *flow/rate* (Sterman, 2004).

- *Flow/rate*

Flow atau disebut juga dengan *rate* merupakan suatu aliran yang dapat menaikkan atau menurunkan *stock*. *Flow* dibedakan menjadi 2, yaitu *inflow* dan *outflow*. *Inflow* digambarkan dengan pipa atau anak panah yang menuju atau menambah *stock*. Sedangkan *outflow* digambarkan dengan pipa atau anak panah yang keluar atau mengurangi *stock*. *Flow* merupakan satu-satunya variabel yang dapat mempengaruhi level.

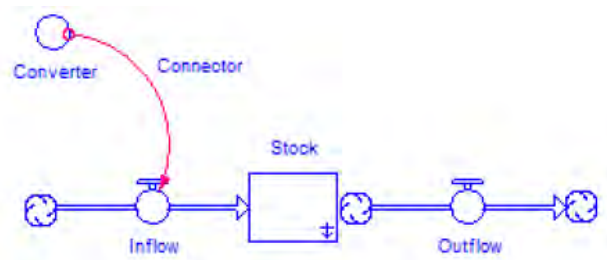
- *Converter*

Converter dapat berupa aliran informasi yang memiliki nilai konstan (Maftuhah, 2013). *Converter* berisikan persamaan (*equation*) yang membangkitkan nilai *output* di setiap periode.

- *Connector*

Connector merupakan penghubung variabel satu dengan variabel lainnya, dimana menghubungkan antara *converter* dengan *converter*, *converter* ke *rate* atau sebaliknya, *level* ke *rate* atau sebaliknya.

Simbol-simbol SFD yang terdapat dalam *software* Stella© (*iSee System*) dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Simbol-simbol *Stock Flow Diagram* (SFD)

2.8.3 Konsep Pengujian Model

Untuk memastikan model simulasi yang telah dibuat dapat merepresentasikan sistem nyata maka dibutuhkan pengujian model. Beberapa teknik pengujian model yang diterapkan pada model sistem dinamik adalah sebagai berikut:

1. Uji Struktur Model

Uji struktur model dilakukan untuk mengetahui kesesuaian struktur model yang telah dibangun dengan struktur model nyata. Kesesuaian ini ditunjukkan dengan adanya interaksi antara setiap faktor pada sistem nyata harus tercermin pada model (Maftuhah, 2013). Menurut Muhammadi et al. (2001), terdapat dua jenis validitas struktur yaitu validitas konstruksi dan kestabilan struktur. Validitas struktur yaitu keyakinan pada konstruksi model valid baik secara ilmiah maupun dapat diterima secara akademis. Sedangkan kestabilan struktur yaitu keberlakuan atau kekuatan (*robustness*) struktur dalam dimensi waktu.

2. Uji Parameter Model

Uji parameter bertujuan untuk mengetahui tingkat konsistensi nilai parameter yang ada dalam model. Uji parameter dilakukan dengan dua cara, yaitu validasi variabel input dan validasi logika dalam hubungan antar variabel. Validasi variabel input dilakukan dengan membandingkan data historis nyata dengan data yang digunakan sebagai inputan pada model. Sementara validasi logika dilakukan dengan mengecek logika antar variabel baik input maupun output (Maftuhah, 2013).

3. Uji Kecukupan Batasan (*Boundary Adequacy Test*)

Uji kecukupan batasan dilakukan menguji variabel manakah yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap tujuan model. Uji kecukupan ini dilakukan dengan berdasarkan pada diagram sebab akibat. Menurut Sterman (2004), apabila suatu variabel tidak memiliki pengaruh yang signifikan, maka variabel tersebut tidak perlu disertakan pada model.

4. Uji Kondisi Ekstrim

Uji kondisi ekstrim dilakukan untuk mengetahui apakah model tahan terhadap kondisi ekstrim, artinya model harus memiliki perilaku yang realistis pada kondisi apapun (Indiana, 2014). Pengujian ini dilakukan dengan memasukkan nilai ekstrim besar maupun terkecil pada variabel terukur dan terkendali. Logika yang digunakan adalah apabila suatu

variabel memiliki hubungan kausal yang positif, jika variabel yang satu naik, maka variabel yang lain akan ikut naik, begitu sebaliknya (Maftuhah, 2013). Jika kondisi ini tidak sesuai, maka model dinyatakan tidak valid dalam kondisi ekstrim.

5. Uji Perilaku Model/Replikasi

Uji perilaku model atau replikasi bertujuan untuk mengetahui apakah perilaku model yang telah dibuat apakah sudah dapat mewakili kondisi yang sebenarnya. Menurut Barlas (1996), pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil yang didapatkan dari simulasi dengan data yang sebenarnya.

2.9 *Review Penelitian Sebelumnya*

Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan terkait dengan mangrove salah satunya dilakukan oleh Pariyono (2006), yang membahas mengenai kajian potensi kawasan mangrove dalam kaitannya pengelolaan wilayah pantai di Desa panggung, Bulakbaru, Tanggultlare, Kabupaten Jepara. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis kondisi sumber daya hutan mangrove dan menganalisis strategi alternatif dalam pelestarian areal mangrove ditinjau dari pendekatan ekologi. Namun pada penelitian tersebut belum dijelaskan lebih mendalam mengenai kontribusi yang signifikan dari strategi-strategi yang direkomendasikan terkait dengan aspek ekologi. Penelitian berikutnya dilakukan oleh Ningsih (2008) dengan tesisnya yang berjudul “Inventarisasi Hutan Mangrove Sebagai Bagian dari Upaya Pengelolaan Wilayah Pesisir Kabupaten Deli Serdang. Pada penelitian ini hanya menjelaskan mengenai jenis vegetasi mangrove yang tumbuh, keanekaragaman jenis mangrove, dan ketebalan hutan mangrove pada setiap desa yang diamati. Sedangkan untuk bagaimana cara pengelolaan mangrove di wilayah pesisir belum dijelaskan lebih detail.

Penelitian mengenai mangrove lainnya dilakukan oleh Muhaerin (2008), yang menjelaskan mengenai strategi-strategi kegiatan ekowisata mangrove di sekitar Estuari Perancak yang kemudian hanya dipilih tiga prioritas antara lain membuat dan mengaplikasikan sistem pemantauan dan evaluasi yang melibatkan

pemangku kepentingan dalam perlindungan ekosistem mangrove, membangun komitmen dan kesadaran semua pihak dalam pengendalian perencanaan lingkungan, dan meningkatkan usaha pengelolaan ekosistem mangrove melalui kegiatan ekowisata. Meskipun telah dipilih strategi yang menjadi prioritas, namun skenario kebijakan hanya bersifat statis tidak didasarkan pada fungsi waktu yang selalu dinamis sehingga belum diketahui bagaimana kontribusinya di masa yang akan datang.

Penelitian lainnya mengenai mangrove adalah pengelolaan mangrove berbasis komunitas (*Community Based Mangrove Management*-CBMM) yang telah dikenalkan oleh para akademisi maupun lembaga pemerintahan sebagai alternatif untuk pengelolaan berkelanjutan secara ekologi terhadap hutan mangrove yang keberadaannya di bumi semakin berkurang. Keterbatasan studi pada bidang sosial-politik dan aspek institusional sebagaimana aspek globalisasi menstimulus transformasi sosial-budaya komunitas pada CBMM yang telah ditemukan (Datta et al., 2012). Riset penelitian yang lebih mendalam pada aspek-aspek tersebut telah direkomendasikan untuk pengelolaan komunitas yang lebih baik yang lebih ditekankan pada hutan. Namun pada penelitian ini hanya sekedar *review* mengenai CBMM hanya pada status dan keberlanjutannya.

Penelitian mengenai ekowisata dan praktis lingkungan dilakukan oleh Ahmad (2013). Dalam penelitian tersebut mencoba untuk mengidentifikasi prospek yang menantang pada wisata yang berkelanjutan di Brunei Darussalam dari perspektif organisasi bisnis atau perusahaan pada industri pariwisata. Pada prakteknya, industri pariwisata yang dimati masih belum paham mengenai konsep ekowisata, mereka cenderung menerapkan konsep wisata yang ada secara global tanpa memperhatikan aspek keberlanjutan secara ekologi sehingga implementasi ekowisata belum dapat terealisasi dengan baik.

Penelitian selanjutnya yaitu dengan obyek kawasan pesisir Sidoarjo dilakukan oleh Suning (2012), menjelaskan mengenai dampak lumpur lapindo terhadap kualitas lingkungan yang ada di pesisir Sidoarjo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pengaruh yang signifikan terhadap kondisi sosial dan kondisi ekonomi masyarakat, namun pada penelitian ini tidak dibahas mengenai keberadaan mangrove yang juga merupakan salah satu bagian dalam lingkungan

pesisir di Sidoarjo. Dalam penelitian tersebut menjelaskan analisa deskriptif dan analisa uji kualitas air dan tanah yang berdampak pada potensi perikanan. Penelitian yang lain mengenai model pengembangan kebijakan *geo-ecotourism* pulau Lumpur di Kabupaten Sidoarjo oleh (Fahmi, 2011). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pulau memiliki potensi wisata berupa hutan bakau dan *silvofishery*, potensi perikanan, dan potensi pertanian berupa kayu mangrove. Namun, belum dijelaskan mengenai dampak yang ditimbulkan disamping adanya potensi yang ada pada Pulau Lumpur tersebut. Penelitian dengan obyek amatan yang sama yaitu di kawasan terdampak lumpur Sidoarjo yang dilakukan oleh Maftuhah (2013) adalah membahas mengenai pemodelan kebijakan budidaya mangrove berbasis komunitas. Penelitian tersebut memanfaatkan konsep *green economy* yang berbasis pada tiga pilar yaitu aspek ekonomi, aspek sosial, dan aspek lingkungan. Namun untuk membangun konsep *green economy* secara menyeluruh, ketiga aspek tersebut akan diulas lebih detail untuk masing-masing aspek guna melihat bagaimana korelasinya dengan konsep ekowisata dan kebijakan yang tepat. Dengan melihat *gap* tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang hanya berfokus pada aspek lingkungan untuk mendukung konsep *green economy* dalam pengembangan kebijakan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo.

Secara garis besar, penelitian sebelumnya ditampilkan pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 *Review* Penelitian Sebelumnya

No.	Nama Peneliti	Tujuan	Metode	Obyek Penelitian			
				Mangrove	Ekowisata	Lingkungan	Pulau Lumpur
1.	Pariyono (2006)	Mengetahui dan menganalisis kondisi sumber daya hutan mangrove serta menganalisis strategi alternatif dalam pelestarian areal mangrove ditinjau dari segi ekologi	Deskriptif dan studi kasus	√	-	√	-
2.	Ningsih (2008)	Mendeskripsikan dan membandingkan kondisi hutan mangrove serta cara pengolahan hutan mangrove di Kabupaten Deli Serdang	Deskriptif dan studi kasus	√	-	-	-
3.	Muhaerin (2008)	Mengkaji potensi dan kondisi ekosistem mangrove untuk penyusunan strategi pengolahan ekowisata di Estuari Perancak, Jembrana, Bali	Analisis data yang meliputi analisis potensi ekosistem mangrove, analisis kesesuaian ekologis, analisis daya dukung, dan analisis SWOT	√	√	-	-
4.	BROK (2009)	Memantau perkembangan hutan mangrove di muara kali Porong tahun 2003-2009	Analisis deskriptif	√	-	-	-
5.	Fahmi (2011)	Merekomendasikan kebijakan di Pulau Lumpur Sidoarjo	<i>System dynamics</i>	√	√	-	√
6.	Suning (2012)	Mengidentifikasi dan menganalisis kondisi kualitas lingkungan yang ada di pesisir Sidoarjo akibat adanya lumpur lapindo	Deskriptif dan studi kasus	-	-	√	-

Tabel 2.1 *Review* Penelitian Sebelumnya (lanjutan)

No.	Nama Peneliti	Tujuan	Metode	Obyek Penelitian			
				Mangrove	Ekowisata	Lingkungan	Pulau Lumpur
7.	Datta et al. (2012)	<i>Review</i> mengenai status dan keberlanjutan pada pengelolaan mangrove berbasis komunitas (CBMM)	Review	√	√	√	-
8.	Ahmad (2013)	Mengidentifikasi prospek pada wisata yang berkelanjutan di Brunei Darussalam	Deskriptif dan studi kasus	-	√	√	-
9.	Maftuhah (2013)	Memunculkan alternatif kebijakan budidaya mangrove berbasis komunitas di kawasan terdampak Lumpur Sidoarjo menggunakan konsep <i>Green Economy</i>	<i>System dynamics</i>	√	√	√	√
10.	Penelitian ini	Memunculkan alternatif kebijakan pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur terkait aspek lingkungan	<i>System dynamics</i>	√	√	√	√

2.10 Gap dan Posisi Penelitian

Berdasarkan tabel dan penjelasan mengenai penelitian pada subbab sebelumnya, maka dapat diketahui gap penelitian yang akan dibahas oleh peneliti terkait perlunya solusi terbaik terhadap penanganan bencana Lumpur Sidoarjo, pengembangan ekowisata melalui pemanfaatan hutan mangrove serta prospek ke depannya terkait dengan aspek lingkungan (ekologi), sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut mengenai permasalahan ini untuk mendukung konsep *green economy* yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Berikut ini merupakan skema penentuan gap dan posisi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Gap dan Posisi Penelitian

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Identifikasi Permasalahan

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi permasalahan-permasalahan pada sistem yang akan diteliti dan diselesaikan. Tahapan identifikasi permasalahan terdiri atas identifikasi dan perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta kajian pustaka yang mendasari penelitian. Tahapan-tahapan tersebut dilakukan pada saat penyusunan proposal penelitian.

3.1.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada bagian ini dilakukan observasi pada obyek amatan yaitu pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo. Berdasarkan informasi dan fakta kemudian dilakukan pengamatan dan identifikasi terhadap permasalahan apa saja yang terjadi melalui data-data sekunder yang mendukung. Berawal dari permasalahan tersebut, maka akan dilakukan perumusan masalah terhadap kebijakan pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur.

3.1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang didapat, selanjutnya dilakukan penetapan tujuan penelitian. Penetapan tujuan penelitian akan membantu dalam menentukan langkah-langkah yang akan ditempuh selama melakukan penelitian.

3.2 Kajian Pustaka

Kajian pustaka atau studi literatur dilakukan sebagai dasar dan pedoman penelitian. Literatur yang dikaji dalam penelitian ini berasal dari berbagai sumber antara lain buku, jurnal, artikel, maupun penelitian terdahulu mengenai hutan mangrove, ekowisata, dan Pulau Lumpur.

3.3 Tahapan Identifikasi Variabel dan Konseptualisasi Model

Pada tahap ini dilakukan identifikasi variabel dan pemodelan sistem nyata dalam bentuk model konseptual. Identifikasi tersebut dimulai dengan identifikasi

variabel-variabel pada sistem amatan. Sedangkan konseptualisasi model dilakukan dengan diagram *causal loops* yang menunjukkan hubungan sebab akibat.

3.3.1 Identifikasi Variabel

Identifikasi variabel dilakukan untuk mengetahui variabel yang terkait dengan pengembangan ekowisata dan aspek lingkungan.

3.3.2 Konseptualisasi Sistem

Konseptualisasi sistem ditunjukkan dengan diagram *input-output* dan diagram *causal loops*. Diagram *causal loops* menunjukkan hubungan sebab akibat antar variabel sehingga dapat diketahui gambaran dari sistem tersebut.

3.3.3 Pengumpulan Data

Pada bagian ini dilakukan pengumpulan data-data yang berkaitan dengan sistem yang menjadi obyek amatan. Terdapat dua jenis data yang menjadi input, yaitu data primer dan data sekunder. Data-data primer diperoleh dari wawancara yang dilakukan dengan pihak BPLS sebagai Badan Pelaksana dan Badan Penanggulangan bencana Lumpur Sidoarjo ini. Sedangkan data-data sekunder didapatkan dari beberapa sumber yang terkait melalui instansi/lembaga yang berhubungan dengan sistem amatan seperti BPS (Badan Pusat Statistik) dan BPLS (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo).

3.4 Tahapan Simulasi Model

Tahapan simulasi model merupakan tahapan formulasi model simulasi, *running* model awal, dan penerapan skenario yang direkomendasikan.

3.4.1 Pembuatan/Formulasi Model Simulasi

Tahapan formulasi model dibuat berdasarkan konseptualisasi model yang selanjutnya secara matematis dirumuskan hubungan antar variabel yang telah ditentukan sesuai *stock* dan *flows* (spesifikasi struktur model dan *decision rules*). Dalam formulasi model ini menggunakan *software* Stella© (*iSee System*).

3.4.2 Running Model Awal

Pada tahap ini dilakukan dengan menjalankan model awal (eksisting) simulasi kemudian dilanjutkan dengan proses verifikasi dan validasi. Verifikasi dilakukan dengan *software Stella*© (*iSee System*). Sedangkan validasi dilakukan lima tahapan uji, antara lain uji struktur model, uji parameter model, uji kecukupan batasan, uji kondisi ekstrim, dan uji perilaku model/replikasi.

3.4.3 Penetapan Skenario Kebijakan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap variabel-variabel yang telah diidentifikasi sebelumnya. Variabel-variabel tersebut dijadikan *key variable* atau variabel kunci yang mempengaruhi variabel respon pada pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur. Dari hasil identifikasi variabel kunci tersebut kemudian dilakukan kombinasi skenario kebijakan pada model simulasi yang telah dibuat.

3.4.4 Penerapan Skenario Kebijakan

Penerapan skenario kebijakan dilakukan dengan tujuan untuk mendukung budidaya mangrove dalam aspek lingkungan pada model yang telah dibuat. Pada tahap ini dilakukan pengubahan kondisi, waktu penerapan dan atau pengembangan pada model sehingga akan menghasilkan output yang berbeda dengan model awal (eksisting). Dari hasil simulasi pengembangan model akan dibandingkan dengan output model awal untuk dilakukan identifikasi apakah terjadi perubahan yang cukup signifikan atau tidak. Selain itu, juga dilakukan kombinasi dari skenario-skenario kebijakan untuk memilih kebijakan yang optimal.

3.5 Tahapan Analisis dan Penarikan Kesimpulan

Pada tahapan ini dilakukan analisis terhadap hasil simulasi kemudian dilakukan penarikan kesimpulan.

3.5.1 Analisis dan Interpretasi

Analisis dan interpretasi dilakukan terhadap hasil simulasi yang didapatkan pada *running* model awal dan penerapan skenario serta variabel kritis yang didefinisikan. Pada tahapan ini disesuaikan dengan tujuan penelitian.

3.5.2 Penarikan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan merupakan tahap terakhir dalam melakukan penelitian. Kesimpulan tersebut didapatkan dari hasil analisis dan iterpretasi yang telah dilakukan dan untuk menjawab tujuan penelitian. Selain kesimpulan, juga diberikan saran-saran dan rekomendasi penting terkait penelitian yang dilakukan.

Dari keseluruhan tahapan penelitian yang telah dijelaskan, secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Langkah-langkah Penelitian

BAB 4

PERANCANGAN MODEL SIMULASI

4.1 Identifikasi Sistem Amatan

Dalam melakukan pemodelan terhadap sistem maka diperlukan identifikasi terlebih dahulu agar dapat merepresentasikan kondisi sebenarnya dari sistem yang diamati. Pada penelitian ini, identifikasi sistem amatan dilakukan pada Pulau Lumpur Sidoarjo, yangmana mengacu pada variabel-variabel yang berkaitan dengan aspek lingkungan.

4.1.1 Pulau Lumpur Sidoarjo

Penganggulangan bencana akibat luapan lumpur Sidoarjo terus dilakukan termasuk diantaranya adalah mengalirkan lumpur ke laut melalui Kali Porong Sidoarjo. Pengaliran lumpur ke Kali Porong menjadi tugas pokok sejak awal berdirinya BPLS dan merupakan bagian utama dari Rencana Induk Penanggulangan Lumpur Sidoarjo. Reklamasi daerah muara Kali Porong ini dimaksudkan agar kondisi lingkungan di daerah tersebut menjadi lebih baik sehingga dapat memberikan nilai tambah, khususnya dalam penambahan persediaan lahan.

Penanganan endapan lumpur di muara Kali Porong dilakukan dengan kegiatan pengerukan sepanjang muara sungai, pembangunan *jetty* untuk mengendalikan aliran lumpur dan melindungi bagian yang telah dikeruk, serta memanfaatkan pengerukan untuk kegiatan pengembangan ekosistem daerah pantai. Untuk melaksanakan kegiatan pengaliran lumpur ini, BPLS mengoperasikan 6 kapal keruk dengan kapasitas mesin 1000-1300 HP/unit dan kapasitas volume buangan $0.8 \text{ m}^3/\text{det}/\text{unit}$. Kegiatan yang dimulai sejak pertengahan 2009 dan diselesaikan pada tahun 2011 ini menghasilkan tambahan terbentuknya lahan timbul seluas 94 Ha yang disebut dengan Pulau Lumpur. Lokasi Pulau Lumpur di muara Kali Porong dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Pulau Lumpur di Muara Kali Porong

Pulau Lumpur ini dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan konservasi lingkungan. BPLS bekerjasama dengan berbagai institusi baik dari instansi pemerintah maupun akademisi untuk melakukan riset dan pengembangan Pulau Lumpur. Sejauh ini pengembangan Pulau Lumpur hanya sebatas pada penanaman tumbuhan mangrove. Disamping memiliki fungsi untuk mengendalikan abrasi dan mengurangi intrusi air laut ke wilayah daratan, mangrove juga memiliki manfaat ekonomi dan ekologi. Selain itu, konsep yang terus dikembangkan adalah wanamina (*silvofishery*), yaitu perpaduan antara kegiatan budidaya perikanan dengan kegiatan kehutanan dalam hal ini adalah budidaya mangrove.

Mangrove yang tumbuh dan berkembang di Pulau Lumpur adalah didominasi jenis Api-api (*Avicenia sp*), khususnya jenis *Avicenia alba* dan *Avicenia marina*. Mangrove-mengrove jenis tersebut mampu tumbuh pada kisaran salinitas yang mendekati tawar sampai dengan 90 psu. Kondisi mangrove yang terpantau sampai dengan Maret 2014 ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Berdasarkan pengukuran pH tanah di lokasi rencana pengembangan wanamina menunjukkan pH sebesar 7 atau normal, sedangkan pengukuran salinitas air yang ada di lokasi berada di angka nol ppm atau tawar (BPLS, 2014). Kondisi tersebut tidak sesuai karena untuk mendukung kehidupan mangrove seharusnya diperlukan pH di bawah 7 dan salinitas antara 2-10 psu. Sebagai

solusinya, maka dibuat saluran keliling dan parit yang masuk ke lokasi penanaman mangrove agar salinitas dan pH yang dibutuhkan dapat terpenuhi. Pada masa percobaan wanamina, inisiasi mangrove yang ditanam di Pulau Lumpur adalah kurang lebih sebanyak 15.000 bibit.



Gambar 4.2 Kondisi Mangrove di Pulau Lumpur pada Maret Tahun 2014 (BPLS, 2014)

4.1.2 Potensi Ekowisata Mangrove Sebagai Upaya Konservasi Lingkungan di Pulau Lumpur

Mangrove sebagai ekosistem terproduktif karena disamping mempunyai manfaat fisik berupa pengendalian erosi pantai (abrasi) dan penyusupan (intrusi) air laut ke wilayah daratan, fungsi lain dari mangrove adalah memberikan manfaat secara ekonomi melalui hasil kayu, kulit kayu, arang, bahan kertas, bahan makanan dan obat, pendidikan dan rekreasi. Mangrove juga sebagai habitat biota laut seperti ikan, kepiting, dan larva udang-udangan serta sumber pakan bagi biota darat seperti burung, mamalia, dan reptil. Disisi lain, mangrove juga memiliki manfaat secara ekologi diantaranya asimilasi, mendukung biodiversitas, dan ekowisata.

Program ekowisata diharapkan dapat memberikan sumbangsih yang cukup besar terhadap pelestarian kawasan mangrove, mengingat area hutan mangrove khususnya di Indonesia yang luasnya semakin berkurang. Aktivitas ekowisata

sebagai upaya untuk restorasi lahan mangrove yang telah mengalami kerusakan. Disamping itu, melalui program ekowisata dapat memberikan nilai edukasi kepada masyarakat untuk menumbuhkan kesadaran akan pentingnya melestarikan lingkungan.

Jika ditinjau dari segi lingkungan, peranan mangrove berkaitan dengan pengurangan emisi karbon. Perubahan iklim dunia disebabkan oleh peningkatan kadar gas-gas rumah kaca dan partikel-partikel pada atmosfer bumi. Cuaca menjadi tak menentu dan terjadinya pergeseran siklus iklim merupakan perubahan fisik yang seringkali dirasakan. Penyebab utamanya adalah peningkatan gas rumah kaca oleh pembakaran bahan bakar fosil yang melepaskan gas-gas karbondioksida (CO_2) dan partikel-partikel abu (sebagian karbon hitam). Penyebab kedua akibat emisi konversi lahan atau pembabatan vegetasi alami, kebakaran hutan, serta emisi dari aktivitas pertanian maupun peternakan. Penyebab lainnya adalah karena kemampuan ekosistem alami untuk menyerap, mengikat dan menyimpan karbon.

Ekosistem mangrove memiliki peranan yang cukup penting dalam menyerap dan menyimpan karbon. Kawasan hutan mangrove di Indonesia saat ini sekitar 3,1 juta hektar atau 23% dari mangrove yang ada di seluruh permukaan bumi. Ekosistem pesisir dan lautan Indonesia memiliki kontribusi yang sangat besar dalam penyerapan karbon, diperkirakan hingga 138 juta ton/tahun (Dewan Kelautan Indonesia, 2014). Menurut Menteri Kelautan dan Perikanan 2014 Sharif C. Sutardjo dalam *International Blue Carbon Symposium* (IBCS), ekosistem mangrove memiliki kemampuan lima kali lebih besar dalam menyimpan karbon daripada hutan hujan tropis.

Ekosistem pantai dapat menyimpan karbon dengan laju yang setara sekitar 25% peningkatan tahunan karbon atmosfer yaitu sekitar 2.000 Tera (10^{12}) gram karbon per tahun. Dengan luas ekosistem padang lamun yang dimiliki Indonesia sekitar 3,30 juta hektar dan luas ekosistem mangrove 3,1 juta hektar, kemampuan ekosistem padang lamun tersebut dapat menyimpan karbon 16,11 juta ton karbon/tahun dan potensi penyerapan karbon oleh ekosistem mangrove adalah sekitar 122,22 juta ton/tahun (Dewan Kelautan Indonesia, 2014). Dengan

demikian, ekosistem mangrove memiliki kontribusi penting dalam penyerapan karbon guna mitigasi perubahan iklim.

Dalam pengembangan konsep ekowisata di Pulau Lumpur selain pemanfaatan lahan sebagai hutan mangrove, potensi hasil pengerukan Kali Porong tersebut terus diupayakan oleh pemerintah setempat adalah untuk pengembangan wanamina di Pulau Lumpur Sidoarjo. Wanamina merupakan pendekatan teknis disamping untuk melestarikan hutan mangrove juga berkontribusi untuk kesejahteraan masyarakat melalui usaha perikanannya. Budidaya perikanan yang dikembangkan di Pulau Lumpur adalah budidaya ikan bandeng dan udang. Menurut keterangan BPLS, pengembangan wanamina di Pulau Lumpur Sidoarjo terbagi menjadi 3 bagian, yakni Kotak A seluas 2.684 m² (wanamina), Kotak B seluas 3.641 m² (wanamina), dan Kotak C seluas 3.635 m² (kolam saja). Area wanamina Pulau Lumpur Sidoarjo ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Area Wanamina di Pulau Lumpur Sidoarjo (BPLS, 2014)

Dengan demikian, dari pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo ini diharapkan nantinya akan memberikan nilai kebermanfaatan ekologi terkait kontribusi mangrove dalam upaya penyerapan karbon serta dapat memberikan nilai edukasi kepada masyarakat akan konservasi lingkungan. Selain itu, juga diharapkan mampu memberikan nilai kebermanfaatan secara ekonomi

sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar dalam hal ini yaitu menambah pendapatan masyarakat sekitar serta meningkatkan pendapatan daerah Sidoarjo.

4.2 Konseptualisasi Model

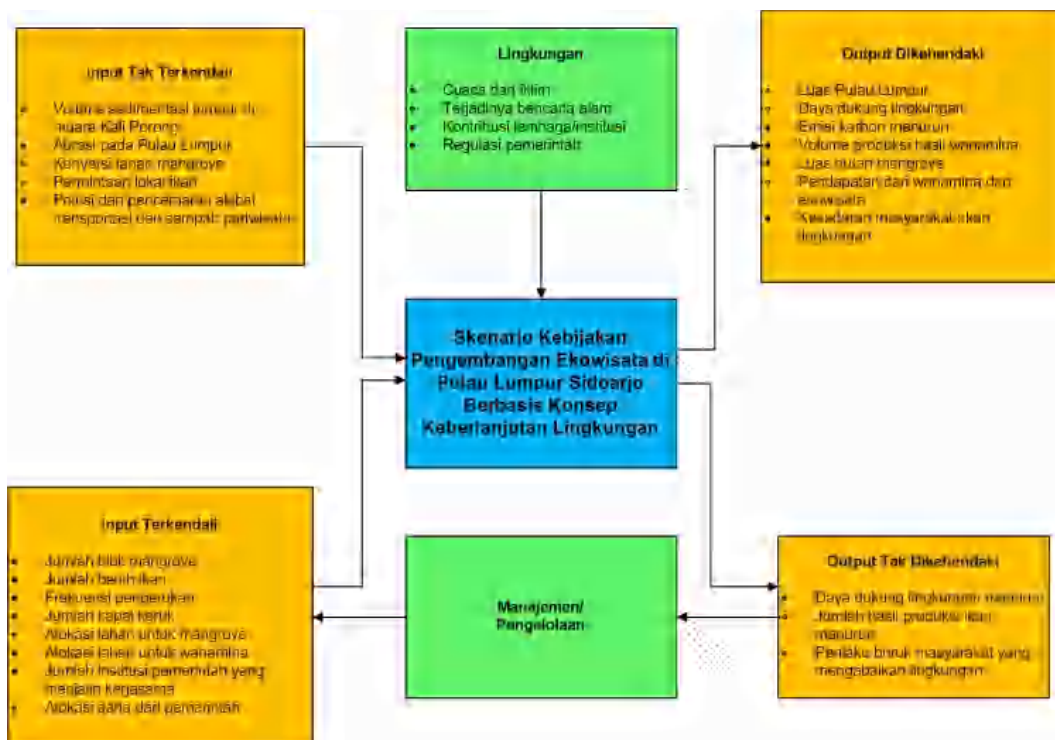
Konseptualisasi model dilakukan setelah dilakukannya identifikasi terhadap sistem amatan. Konseptualisasi ini menghasilkan gambaran secara umum mengenai model simulasi yang akan dirancang. Tahap ini diawali dengan membuat diagram sebab-akibat atau *causal loop diagram*, kemudian dibentuk diagram input-output. Selanjutnya mengidentifikasi variabel-variabel yang berinteraksi dan saling mempengaruhi di dalam sistem, dan pengembangan diagram alir atau *stock flow diagram*.

4.2.1 Diagram Sebab Akibat (*Causal Loop Diagram*)

Diagram sebab akibat (*causal loop diagram*) digunakan untuk menunjukkan variabel-variabel utama yang akan digambarkan pada model, yangmana telah disusun berdasarkan variabel-variabel awal yang sudah teridentifikasi. Dalam diagram sebab akibat ini ditunjukkan hubungan sebab akibat yang terjadi antar variabel yang ditunjukkan dengan anak panah. Anak panah positif menandakan bahwa antara variabel tersebut berbanding lurus, artinya penambahan nilai pada suatu variabel akan menyebabkan penambahan nilai pada variabel yang dipengaruhi. Sebaliknya anak panah negatif menandakan hubungan yang berbanding terbalik, dimana penambahan nilai pada suatu variabel akan menyebabkan pengurangan nilai pada variabel yang dipengaruhi. Diagram sebab akibat dari sistem pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo berbasis konsep keberlanjutan lingkungan ditunjukkan pada Gambar 4.4.

4.2.2 Diagram Input-Output

Diagram input output merupakan deskripsi dari variabel *input* dan *output* dari sistem secara skematis. Variabel-variabel dalam diagram *input output* dikelompokkan menjadi *input* terkendali, *input* tak terkendali, *output* dikehendaki, *output* tak dikehendaki, dan lingkungan. Diagram *input output* dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram *Input Output*

Berdasarkan Gambar 4.5, dapat diketahui bahwa pada permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini terdapat dua kategori *input*, yaitu *input* terkendali dan *input* tak terkendali. Dengan menggunakan sudut pandang pemerintah, *Input* terkendali merupakan permasalahan yang dapat dikendalikan oleh pemerintah, yang meliputi jumlah bibit mangrove, jumlah benih ikan, frekuensi pengerukan, jumlah kapal keruk, alokasi lahan untuk mangrove, alokasi lahan untuk wanamina, jumlah institusi pemerintah yang menjalin kerjasama, dan alokasi dana pemerintah. Sedangkan input yang tidak dapat dikendalikan antara lain volume sedimentasi lumpur di muara Kali Porong, abrasi pada Pulau Lumpur,

Konversi lahan mangrove, permintaan lokal ikan, serta polusi dan pencemaran akibat transportasi dan sampah pariwisata.

Output dari permasalahan pada penelitian ini juga dibedakan menjadi *output* dikehendaki dan *output* tidak dikehendaki. *Output* dikehendaki antara lain penambahan luas pulau lumpur, daya dukung lingkungan meningkat, emisi karbon menurun, jumlah ikan hasil wanamina, jumlah tanaman mangrove, pendapatan dari wanamina dan ekowisata, kesadaran masyarakat akan lingkungan juga meningkat. Sementara untuk *output* yang tidak dikehendaki antara lain daya dukung lingkungan menurun, jumlah hasil produksi ikan menurun, dan perilaku buruk masyarakat yang mengabaikan lingkungan. *Output* yang tidak dikehendaki ini dapat diminimalisir dengan melakukan manajemen atau pengelolaan yang baik terhadap *input* yang dapat dikendalikan. Disamping itu faktor lingkungan yang mendukung dalam permasalahan ini antara lain cuaca dan iklim, terjadinya bencana alam, kontribusi lembaga/institusional, dan regulasi pemerintah.

4.2.3 Identifikasi Variabel

Identifikasi variabel dilakukan untuk mengetahui variabel-variabel yang terlibat dalam pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo terkait aspek lingkungan yang terbagi menjadi 5 submodel. Submodel-submodel tersebut antara lain submodel luas Pulau Lumpur, submodel wanamina, submodel ekowisata, submodel PAD, dan submodel konservasi lingkungan. Variabel-variabel tiap submodel tersebut dilihat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.5.

Tabel 4.1 Variabel Submodel Luas Pulau Lumpur

Submodel Luas Pulau Lumpur				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
1	Volume endapan lumpur	Volume lumpur di muara sungai	m ³	Stock/Level
2	Debit aliran lumpur	Debit aliran lumpur yang dialirkan	m ³ /hari	Converter
3	Kecepatan pengendapan	Kecepatan pengendapan lumpur per hari	m ³	Converter
4	Laju sedimentasi	Volume lumpur yang tersedimentasi per tahun	m ³ /tahun	Converter

Tabel 4.1 Variabel Submodel Luas Pulau Lumpur (lanjutan)

Submodel Luas Pulau Lumpur				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
5	Pengerukan per bulan per kapal	Pengerukan pengendapan per bulan per kapal	m ³	Converter
6	Jumlah kapal keruk	Banyaknya kapal keruk yang digunakan	unit	Converter
7	Penambahan volume lumpur	Penambahan volume lumpur yang dikeruk	m ²	Converter
8	Kedalaman pulau	Kedalaman pulau hasil sedimentasi	m	Converter
9	Laju ekspansi	Laju perluasan luas area Pulau Lumpur	m ² / tahun	Rate
10	Laju reduksi	Laju pengurangan luas area Pulau Lumpur	m ² / tahun	Rate
11	Luas Pulau Lumpur	Luas area Pulau Lumpur	m ²	Stock/Level
12	Tingkat abrasi	Prosentase potensi abrasi di Pulau Lumpur	Dimensionless	Converter
13	Lahan terabrasai	Luas lahan yang terkena abrasi	m ²	Converter
14	Tingkat konversi lahan mangrove	Rata-rata prosentase terjadinya konversi lahan di Pulau Lumpur	Dimensionless	Converter
15	Konversi lahan mangrove	Luas peralihan lahan mangrove yang bisa dimanfaatkan	m ²	Converter
16	Tambak	Luas lahan konversi mangrove untuk tambak	m ²	Converter
17	Perluasan pemukiman	Luas lahan untuk perluasan permukiman	m ²	Converter
18	Fraksi tambak	Rata-rata prosentase lahan mangrove untuk tambak	Dimensionless	Converter
19	Area wanamina	Luas area untuk kegiatan wanamina	m ²	Converter
20	Area mangrove	Luas area untuk lahan mangrove	m ²	Converter
21	Area pertambakan	Luas area untuk lahan budidaya perikanan	m ²	Converter
22	Prosentase area mangrove	Prosentase area Pulau Lumpur untuk hutan mangrove	Dimensionless	Converter
23	Prosentase area tambak	Prosentase area Pulau Lumpur untuk budidaya perikanan	Dimensionless	Converter

Tabel 4.1 Variabel Submodel Luas Pulau Lumpur (lanjutan)

Submodel Luas Pulau Lumpur				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
24	Utilisasi zona mangrove	Prosentase lahan yang tertanami mangrove	Dimension-less	Converter
25	Daya dukung lingkungan	Daya dukung lingkungan Pulau Lumpur	Dimension-less	Converter
26	Indeks kesesuaian habitat	Indeks untuk kesesuaian habitat organism	Dimension-less	Converter
27	Kesesuaian vegetasi	Indeks kesesuaian parameter vegetasi	Dimension-less	Converter
28	Kesesuaian substrat	Indeks kesesuaian parameter substrat	Dimension-less	Converter
29	Kualitas air	Indeks kualitas air	Dimension-less	Converter

Tabel 4.2 Variabel Submodel Wanamina

Submodel Wanamina				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
1	Stok ikan	Jumlah ikan yang hidup	Ekor	Stock/ Level
2	Laju pertumbuhan ikan	Laju pertumbuhan ikan per tahun	ekor/tahun	Rate
3	Laju kematian ikan	Laju kematian ikan per tahun	ekor/tahun	Rate
4	Jumlah bibit ikan	Banyaknya bibit ikan yang ditebar	Ekor	Converter
5	Fraksi pertumbuhan ikan	Fraksi rata-rata pertumbuhan ikan	Dimension-less	Converter
6	Fraksi kematian ikan	Fraksi rata-rata kematian ikan	Dimension-less	Converter
7	Produksi wanamina	Produksi ikan dari wanamina	Ekor	Stock/ Level
8	Laju pemanenan wanamina	Laju pemanenan ikan	Ekor/tahun	Rate
9	Jumlah mangrove muda	Jumlah mangrove usia kurang dari satu tahun	Unit	Stock/ Level
10	Jumlah bibit mangrove	Banyaknya bibit mangrove pada area wanamina	Unit	Converter

Tabel 4.2 Variabel Submodel Wanamina (lanjutan)

Submodel Wanamina				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
11	Laju pertumbuhan mangrove	Laju pertumbuhan mangrove muda per tahun	Unit/tahun	Rate
12	Jumlah mangrove dewasa	Jumlah tanaman mangrove yang hidup sampai dewasa	Unit	Stock/ Level
13	Laju kematian mangrove	Laju kematian mangrove muda per tahun	Unit/tahun	Rate
14	Laju pendewasaan mangrove	Rata-rata pendewasaan mangrove	Unit/tahun	Rate
15	Laju kematian mangrove dewasa	Laju kematian mangrove dewasa per tahun	Unit/tahun	Rate
16	Kerapatan mangrove	Kerapatan pohon mangrove per m ²	Unit	Converter
17	Luas hutan mangrove	Luas lahan yang ditumbuhi mangrove dewasa	m ²	Converter
18	Survival rate	Prosentase tingkat ketahanan mangrove dewasa	Dimension-less	Converter
19	Perkembangbiakan mangrove	Jumlah mangrove yang dapat berkembangbiak	Unit	Converter
20	Rasio perkembangbiakan	Prosentase perkembangbiakan mangrove	Dimension-less	Converter
21	Fraksi pertumbuhan	Fraksi rata-rata pertumbuhan mangrove	Dimension-less	Converter
22	Fraksi kematian	Fraksi rata-rata kematian mangrove	Dimension-less	Converter
23	Laju pemanenan wanamina	Laju panen hasil wanamina per tahun	Ekor/tahun	Rate
24	Demand ikan lokal	Banyaknya permintaan ikan lokal per tahun	Ekor	Converter
25	Volume produksi wanamina	Volume produksi hasil wanamina	kg	Converter
26	Konversi biomassa	Rata-rata konversi massa per ikan	kg	Converter
27	Harga ikan	Rata-rata harga ikan	Rupiah	Converter

Tabel 4.2 Variabel Submodel Wanamina (lanjutan)

Submodel Wanamina				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
28	Pendapatan bruto perikanan	Pendapatan kotor sektor perikanan	Rupiah	Converter
29	Pendapatan netto perikanan	Pendapatan bersih sektor perikanan	Rupiah	Converter
30	Biaya operasi	Biaya operasional untuk budidaya perikanan	Rupiah	Converter

Tabel 4.3 Variabel Submodel Ekowisata

Submodel Ekowisata				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
1	Promosi ekowisata	Frekuensi promosi ekowisata di Pulau Lumpur	Unit	Stock/ Level
2	Inisiasi ekowisata	Inisiasi ekowisata di Pulau Lumpur	Dimension-less	Converter
3	Perubahan promosi	Laju perubahan promosi ekowisata di Pulau Lumpur	Unit/tahun	Rate
4	Fraksi peningkatan promosi	Rata-rata fraksi peningkatan promosi	Dimension-less	Converter
5	Proporsi ketertarikan wisatawan	Prosentase ketertarikan wisatawan untuk datang mengunjungi ekowisata Pulau Lumpur	Dimension-less	Converter
6	Jumlah wisatawan per hari	Jumlah wisatawan per hari yang mengunjungi ekowisata Pulau Lumpur	Orang	Converter
7	Rerata sampah per wisatawan	Rata-rata jumlah sampah per wisatawan	Liter	Converter
8	Jumlah sampah per hari	Jumlah sampah per liter yang dihasilkan obyek ekowisata per hari	Liter	Converter
9	Emisi polusi gas per liter sampah	Emisi gas CO ₂ per liter sampah	KgC	
10	Emisi polusi gas per transportasi kendaraan	Faktor emisi CO ₂ per transportasi kendaraan yang menuju ekowisata Pulau Lumpur	KgC	Converter
11	Jumlah transportasi kendaraan wisatawan	Jumlah transportasi kendaraan menuju ekowisata per hari	Unit	Converter

Tabel 4.3 Variabel Submodel Ekowisata (lanjutan)

Submodel Ekowisata				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
12	Rerata jumlah penumpang per kendaraan	Rata-rata jumlah penumpang dalam kendaraan yang digunakan wisatawan menuju ekowisata	Orang	Converter
13	Polusi gas transportasi	Polusi gas CO ₂ akibat transportasi kendaraan wisatawan menuju ekowisata	KgC	Converter
14	Polusi gas per liter sampah ekowisata	Polusi gas akibat sampah ekowisata per liter per hari	KgC	Converter
15	Tarif ekowisata	Tarif yang harus dibayar per wisatawan ekowisata Pulau Lumpur	Rupiah	Converter
16	Proporsi retribusi daerah	Proporsi retribusi ekowisata terhadap daerah Sidoarjo	Dimensionless	Converter
17	Biaya tenaga kerja	Total biaya tenaga kerja	Rupiah	Converter
18	Inisial biaya pembangunan	Biaya investasi awal pembangunan ekowisata	Rupiah	Converter
19	Biaya operasional	Biaya operasional ekowisata	Rupiah	Converter
20	Pendapatan ekowisata per hari	Pendapatan yang didapatkan dari ekowisata per hari	Rupiah	Converter
21	Annual pendapatan ekowisata	Akumulasi pendapatan dari ekowisata selama setahun	Rupiah	Converter
22	Proporsi dukungan pemerintah	Proporsi dukungan pemerintah dalam inisiasi ekowisata	Dimensionless	Converter
23	Polusi gas ekowisata	Polusi gas CO ₂ akibat kegiatan ekowisata	KgC	Stock/Level
24	Peningkatan polusi	Laju peningkatan polusi	KgC/tahun	Rate
25	Fraksi penurunan polusi	Rata-rata fraksi penurunan polusi	Dimensionless	Converter
26	Polusi gas per tahun	Polusi gas CO ₂ kabupaten Sidoarjo	KgC	Converter
27	Polusi gas delay	Polusi gas CO ₂ yang terdelay	KgC	Converter

Tabel 4.3 Variabel Submodel Ekowisata (lanjutan)

Submodel Ekowisata				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
28	Tingkat kerjasama	Tingkat kerjasama dengan instansi lain	Dimension-less	Converter
29	Frekuensi kerjasama	Frekuensi kerjasama dengan instansi lain	Unit	Converter
30	Fraksi kerjasama	Rata-rata kerjasama dengan institusi pemerintah	Dimension-less	Converter
31	Banyak institusi yang bekerja sama	Jumlah institusi yang diajak bekerja sama	Unit	Converter
32	Alokasi pendanaan ekowisata	Prosentase alokasi dana untuk ekowisata	Dimension-less	Converter
33	Total alokasi pendanaan	Total prosentase dana yang dialokasikan	Dimension-less	Converter
34	Investasi sarana	Prosentase investasi untuk sarana ekowisata	Dimension-less	Converter

Tabel 4.4 Variabel Submodel PAD

Submodel PAD				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
1	PAD	Pendapatan asli daerah Sidoarjo	Rupiah	Stock/Level
2	Laju perubahan PAD	Laju perubahan pendapatan asli daerah Sidoarjo	Rupiah/tahun	Rate
3	Retribusi daerah	Besarnya pendapatan dari retribusi daerah untuk PAD	Rupiah	Stock/Level
4	Laju perubahan retribusi	Laju perubahan pendapatan dari retribusi	Rupiah/tahun	Rate
5	Pendapatan lainnya	Pendapatan lainnya yang sah	Rupiah	Stock/Level
6	Laju perubahan pendapatan lainnya	Laju perubahan pendapatan lainnya	Rupiah/tahun	Rate
7	Fraksi peningkatan pendapatan lainnya	Rata-rata peningkatan pendapatan lainnya per tahun	Dimension-less	Converter

Tabel 4.4 Variabel Submodel PAD (lanjutan)

Submodel PAD				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
8	Fraksi peningkatan retribusi	Rata-rata peningkatan retribusi per tahun	Dimensionless	Converter
9	Pajak daerah	Besarnya pendapatan dari pajak daerah	Rupiah	Stock/Level
10	Laju perubahan pajak daerah	Laju perubahan pendapatan dari pajak daerah	Rupiah/tahun	Rate
11	Fraksi peningkatan pajak daerah	Rata-rata peningkatan pajak daerah per tahun	Dimensionless	Converter
12	Total pajak	Total pajak daerah	Rupiah	Converter
13	NJKP	Nilai jual kena pajak	Rupiah	Converter
14	NJOP untuk PBB	Nilai jual obyek pajak untuk perhitungan PBB	Rupiah	Converter
15	NJOPTKP	Nilai jual obyek pajak tidak kena pajak	Rupiah	Converter
16	NJOP tanah dan bangunan	Nilai jual obyek pajak untuk tanah dan bangunan	Rupiah	Converter
17	NJOP	Nilai jual obyek pajak	Rupiah	Converter
18	Prosentase pendapatan untuk daerah	Prosentase retribusi ekowisata untuk daerah Sidoarjo	Dimensionless	Converter
19	Kontribusi pendapatan ekowisata	Besarnya pendapatan dari ekowisata untuk daerah	Rupiah	Converter

Tabel 4.5 Variabel Submodel Konservasi Lingkungan

Submodel Konservasi Lingkungan				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
1	Emisi karbon	Emisi karbon di sekitar area Pulau Lumpur	KgC	Stock/Level
2	Peningkatan emisi karbon	Laju peningkatan emisi karbon per tahun	KgC/tahun	Rate
3	Penurunan emisi karbon	Laju penurunan emisi karbon per tahun	KgC/tahun	Rate
4	Fraksi peningkatan emisi karbon	Fraksi rata-rata peningkatan emisi karbon	Dimensionless	Converter
5	Fraksi penurunan emisi karbon	Fraksi rata-rata penurunan emisi karbon	Dimensionless	Converter

Tabel 4.5 Variabel Submodel Konservasi Lingkungan (lanjutan)

Submodel Konservasi Lingkungan				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
6	Faktor emisi dari kendaraan bermotor	Faktor emisi gas CO ₂ dari kendaraan bermotor	KgC	Converter
7	Prosentase peningkatan kendaraan bermotor	Prosentase peningkatan kendaraan bermotor per tahun	Dimension-less	Converter
8	Kontribusi peningkatan emisi kendaraan bermotor	Kontribusi peningkatan emisi CO ₂ dari kendaraan bermotor	KgC	Converter
9	Prosentase peningkatan industri	Prosentase peningkatan industri per tahun	Dimension-less	Converter
10	Kontribusi peningkatan emisi industri	Kontribusi peningkatan emisi CO ₂ dari aktivitas industri	KgC	Converter
11	Faktor emisi dari industri	Faktor emisi gas CO ₂ dari kegiatan industry	KgC	Converter
12	Kontribusi mangrove	Prosentase kontribusi mangrove terhadap penyerapan karbon	Unit	Converter
13	Standar penyerapan karbon	Standar karbon yang terserap oleh mangrove	KgC/ha	Converter
14	Intensitas penyuluhan lingkungan	Frekuensi penyuluhan budidaya mangrove yang dilakukan	Unit	Converter
15	Kontribusi dari penyuluhan lingkungan	Kontribusi dana penyuluhan lingkungan yang telah dilakukan	Dimension-less	Converter
16	Alokasi dana penyuluhan lingkungan	Prosentase alokasi dana untuk penyuluhan lingkungan	Dimension-less	Converter
17	Kontribusi dana penyuluhan	Kontribusi total dana untuk penyuluhan	Dimension-less	Converter
18	Intensitas penyuluhan budidaya mangrove	Frekuensi penyuluhan budidaya mangrove yang dilakukan	Unit	Converter

Tabel 4.5 Variabel Submodel Konservasi Lingkungan (lanjutan)

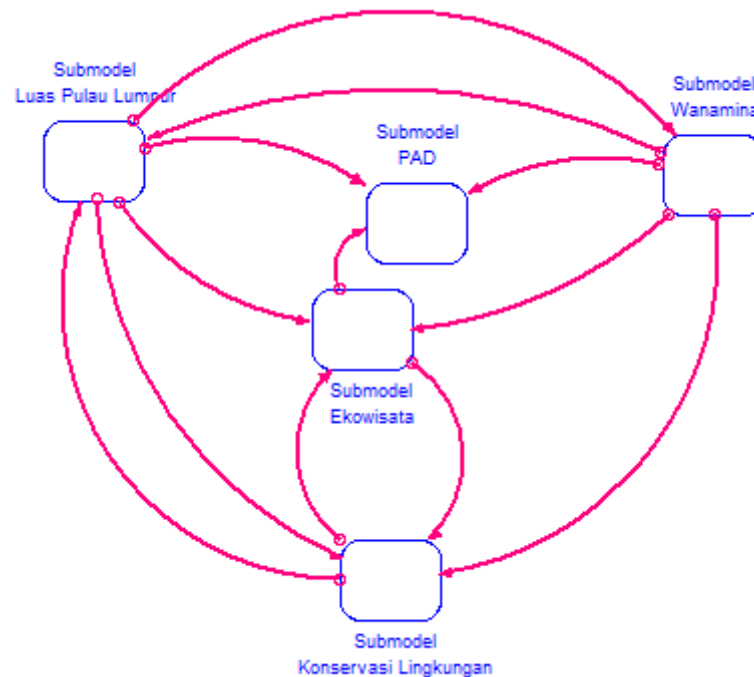
Submodel Konservasi Lingkungan				
No	Nama Variabel	Deskripsi	Satuan	Simbol
19	Alokasi dana budidaya mangrove	Prosentase alokasi dana untuk budidaya mangrove	Dimension-less	Converter
20	Kontribusi ekokultur mangrove	Kontribusi dana ekokultur budidaya mangrove	Dimension-less	Converter
21	Tingkat kesadaran lingkungan	Tingkat kesadaran masyarakat akan pentingnya lingkungan	Dimension-less	Converter
22	Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi lahan mangrove	Prosentase pengaruh kesadaran masyarakat terhadap perilaku konversi lahan mangrove	Dimension-less	Converter
23	Potensi RTH	Luas hutan mangrove yang berpotensi menjadi Ruang Terbuka Hijau	m ²	Converter

4.3 Diagram Alir (*Stock Flow Diagram*)

Diagram alir (*stock flow diagram*) disusun berdasarkan diagram sebab akibat (*causal loop diagram*) yang telah dirancang sebelumnya. *Stock flow diagram* ini merupakan penjabaran lebih rinci dari sistem yang telah direpresentasikan pada *causal loop diagram* karena pada diagram ini memperhatikan pengaruh waktu terhadap keterkaitan antar variabel sehingga mampu menunjukkan hasil akumulasi untuk variabel *stock/level* dan variabel *rate/flow*, dimana *rate/flow* ini merupakan variabel yang menunjukkan laju aktivitas sistem tiap periode.

4.3.1 Model Utama Sistem

Model utama dari sistem pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo berbasis konsep keberlanjutan lingkungan ditunjukkan oleh Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Model Utama Sistem Pengembangan Ekowisata Pulau Lumpur Sidoarjo Berbasis Konsep Keberlanjutan Lingkungan

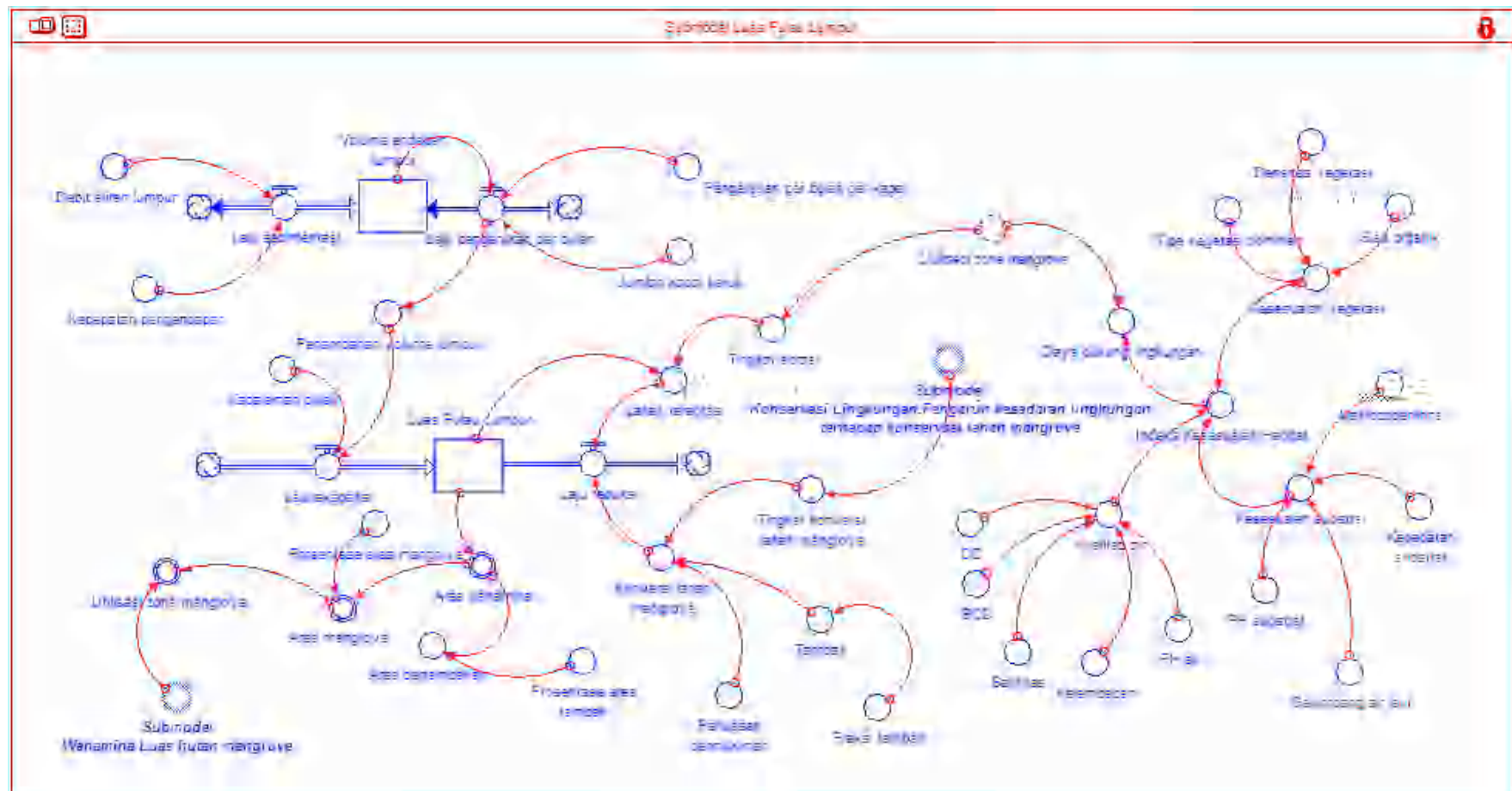
Berdasarkan Gambar 4.6 model utama sistem pengembangan ekowisata pulau lumpur sidoarjo berbasis konsep keberlanjutan lingkungan model utama terdiri dari lima submodel yaitu luas Pulau Lumpur, wanamina, ekowisata, PAD, dan konservasi lingkungan. Setiap submodel memiliki keterkaitan dan pengaruh terhadap submodel yang lain yang digambarkan dengan anak panah yang mengarah ke submodel.

4.3.2 Submodel Luas Pulau Lumpur

Submodel luas Pulau Lumpur menunjukkan berapa luasan area Pulau Lumpur yang terbentuk akibat endapan lumpur dari pengaliran lumpur ke muara Kali Porong Sidoarjo. Volume endapan lumpur yang digambarkan menjadi *stock/level* dipengaruhi oleh laju sedimentasi dan laju pengerukan per bulan yang menunjukkan aktivitas sistem yang dikategorikan sebagai *rate*. Laju sedimentasi akan dipengaruhi oleh parameter debit aliran lumpur dan kecepatan pengendapan. Sedangkan laju pengerukan per bulan ditentukan oleh parameter pengerukan per bulan per kapal dan jumlah kapal keruk. Adanya pengerukan ini akan

menyebabkan penambahan pada luas Pulau Lumpur yang mempengaruhi laju ekspansi. Pada model simulasi yang dibangun, variabel luas Pulau Lumpur dikategorikan sebagai *stock/level* yang merupakan akumulasi per tahun. Luas Pulau Lumpur pada awal pembentukan yaitu tahun 2011 sampai tahun 2014 adalah seluas 94 hektar. Namun, luas Pulau Lumpur juga bisa berkurang akibat adanya erosi pantai atau abrasi yang mempengaruhi laju reduksi. Oleh karena itu laju ekspansi dan laju reduksi yang merupakan *rate* ini akan menyebabkan penambahan luas Pulau Lumpur yang berubah-ubah.

Pada luas Pulau Lumpur ini dijadikan sebagai area untuk wanamina, dimana 80% luas area dialokasikan untuk hutan mangrove, dan 20% sisanya dialokasikan untuk area tambak. Selain itu, juga dapat diketahui utilitas zona mangrove. Utilitas zona mangrove merupakan prosentase lahan yang telah ditanami mangrove dari keseluruhan area mangrove. Utilitas zona mangrove ini akan mempengaruhi tingkat abrasi dan daya lingkungan terkait fungsi mangrove secara fisik yaitu mengendalikan abrasi pantai. Semakin besar utilitas zona mangrove, maka akan semakin menurun tingkat abrasi dan semakin meningkat daya dukung lingkungan. Selain itu, daya dukung lingkungan juga dipengaruhi oleh kualitas lingkungan dalam hal ini direpresentasikan dalam sebuah indeks kesesuaian habitat (Maftuhah, 2013). Indeks kesesuaian habitat tersebut ditentukan oleh tiga parameter antara lain kualitas air, kesesuaian substrat, dan kesesuaian vegetasi. Variabel-variabel lain secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.7.

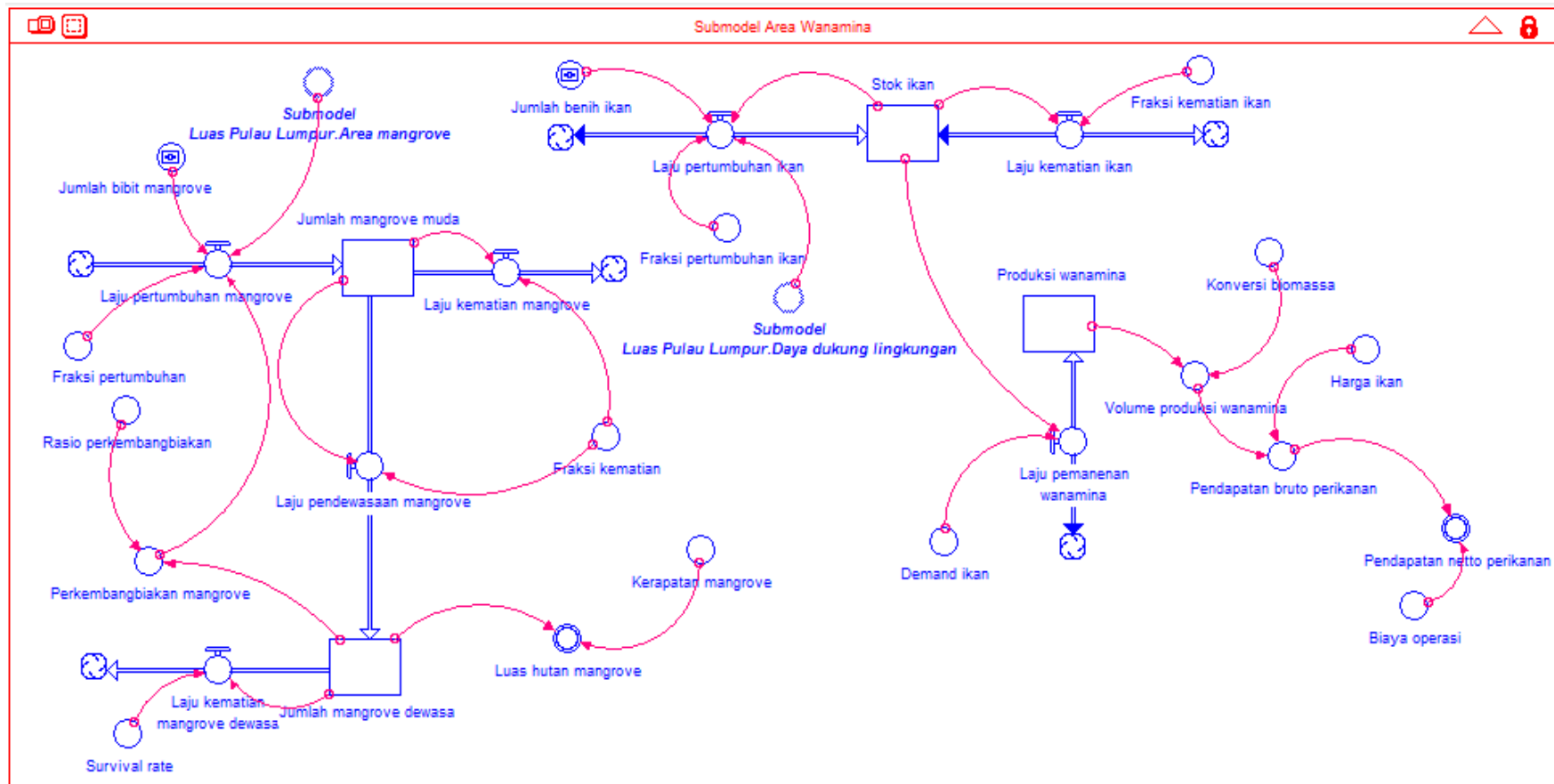


Gambar 4.7 Submodel Luas Pulau Lumpur

4.3.3 Submodel Wanamina

Wanamina atau *sylvofishery* merupakan konsep yang terus dikembangkan oleh BPLS dalam pemanfaatan Pulau Lumpur Sidoarjo ini. Pada submodel wanamina terdapat variabel jumlah mangrove yang dijadikan *stock/level*. *Stock* jumlah mangrove dibedakan menjadi dua, yaitu jumlah mangrove muda dan jumlah mangrove dewasa. Jumlah mangrove muda merupakan mangrove yang berhasil hidup dari bibit mangrove yang ditanam. Jumlah mangrove muda dipengaruhi laju pertumbuhan mangrove yangmana tersusun dari parameter jumlah bibit mangrove, fraksi pertumbuhan, dan area mangrove sebagai *converter*. Selain itu, jumlah mangrove muda juga dipengaruhi oleh laju kematian. Seiring dengan lama waktu pendewasaan mangrove, mangrove muda tersebut akan tumbuh menjadi mangrove dewasa. Mangrove dewasa merupakan mangrove muda yang dapat bertahan hidup lebih dari enam bulan sejak masa penanaman bibit. Jumlah mangrove dewasa juga dipengaruhi oleh laju kematian mangrove dewasa berdasarkan *survival rate*.

Pada submodel wanamina, terdapat pula variabel stok ikan sebagai *stock/level*. Stok ikan merupakan bibit ikan yang berhasil tumbuh. Stok ikan akan mempengaruhi laju pemanenan wanamina yang terakumulasi menjadi produksi wanamina sebagai sebuah *stock/level*. Selain itu, laju pemanenan sebagai *rate* juga dipengaruhi oleh demand ikan dari masyarakat lokal. Dari produksi wanamina ini akan menghasilkan pendapatan bruto perikanan dan pendapatan netto perikanan, setelah pendapatan bruto perikanan dikurangi dengan biaya operasional. Variabel-variabel lain yang dikategorikan sebagai *converter* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



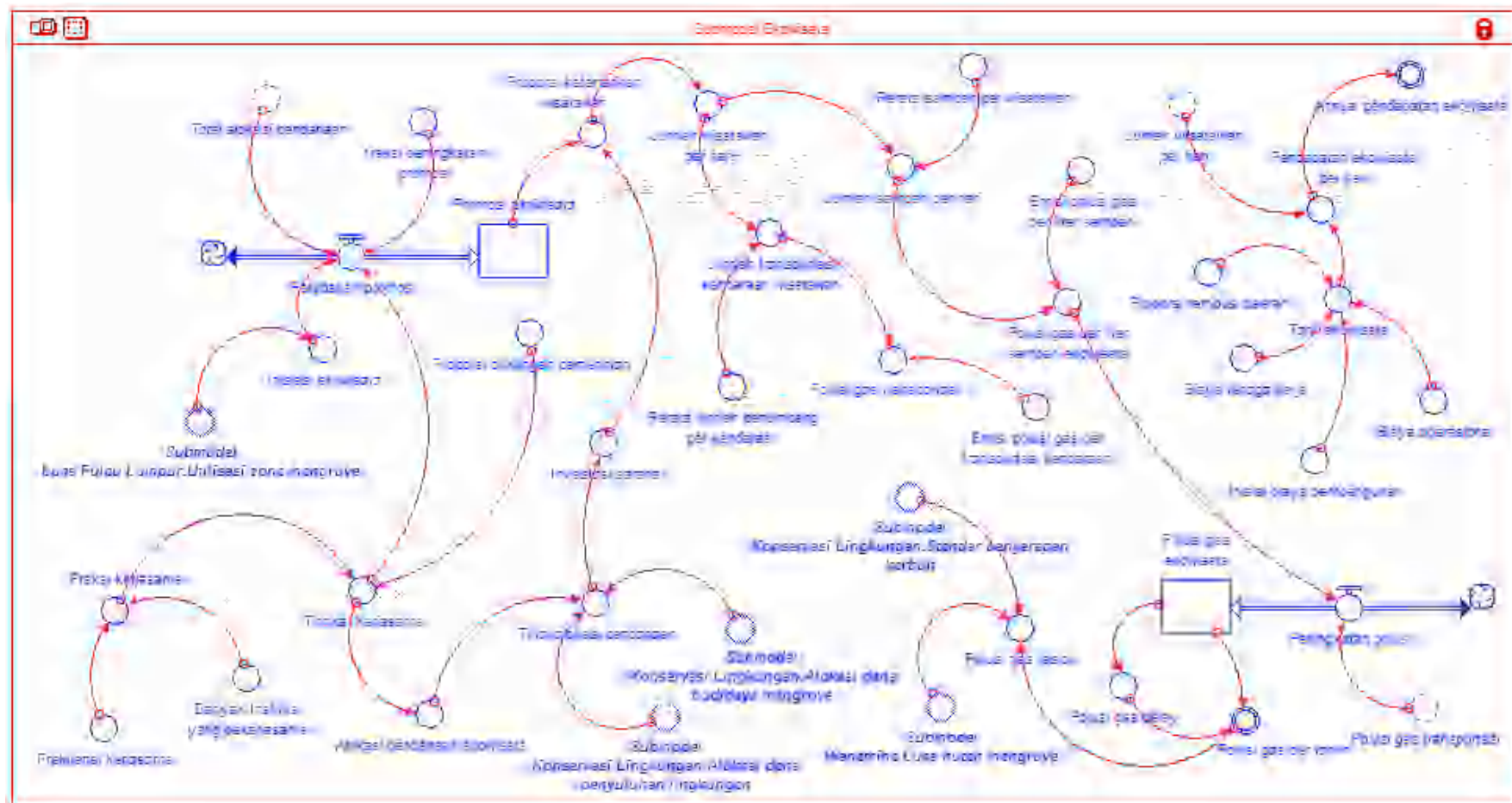
Gambar 4.8 Submodel Wanamina

4.3.4 Submodel Ekowisata

Submodel ekowisata berisi mengenai variabel-variabel penting yang berkaitan dalam pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo. Ekowisata merupakan salah satu program pemanfaatan Pulau Lumpur Sidoarjo yang diperuntukkan sebagai wahana rekreasi khususnya mangrove kepada masyarakat umum. Pada submodel ini terdapat promosi ekowisata sebagai *stok/level* dan perubahan promosi sebagai *rate*. Kegiatan promosi dapat berubah-ubah sehingga hal ini yang menentukan frekuensi promosi yang dilakukan di tiap tahunnya. Dengan adanya promosi ini diharapkan akan menarik perhatian wisatawan agar berminat untuk mengunjungi ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo. Banyaknya wisatawan yang berkunjung akan berkorelasi positif terhadap jumlah pendapatan ekowisata sehingga dapat berkontribusi terhadap PAD Kabupaten Sidoarjo.

Selain itu, dalam pengembangan program ekowisata ini juga dipengaruhi oleh adanya hubungan kerjasama dengan pemerintah. Tingkat kerjasama ini dipengaruhi oleh frekuensi kerjasama dan juga banyaknya institusi yang terlibat dalam kerjasama.

Sisi ekologi pada submodel ini diukur melalui tingkat polusi gas akibat kegiatan ekowisata yang berlangsung. Hal ini terjadi sebuah hubungan yang kontradiktif antara banyaknya wisatawan yang berkunjung dengan polusi gas CO₂ yang dihasilkan dari kendaraan dan sampah para wisatawan. Semakin banyak wisatawan, maka polusi gas yang dihasilkan pun semakin meningkat. Namun, peningkatan polusi gas tersebut dapat diturunkan karena adanya tanaman mangrove yang berfungsi sebagai penyerap karbon. Variabel-variabel lain yang berpengaruh pada submodel ini dapat dilihat pada Gambar 4.9.

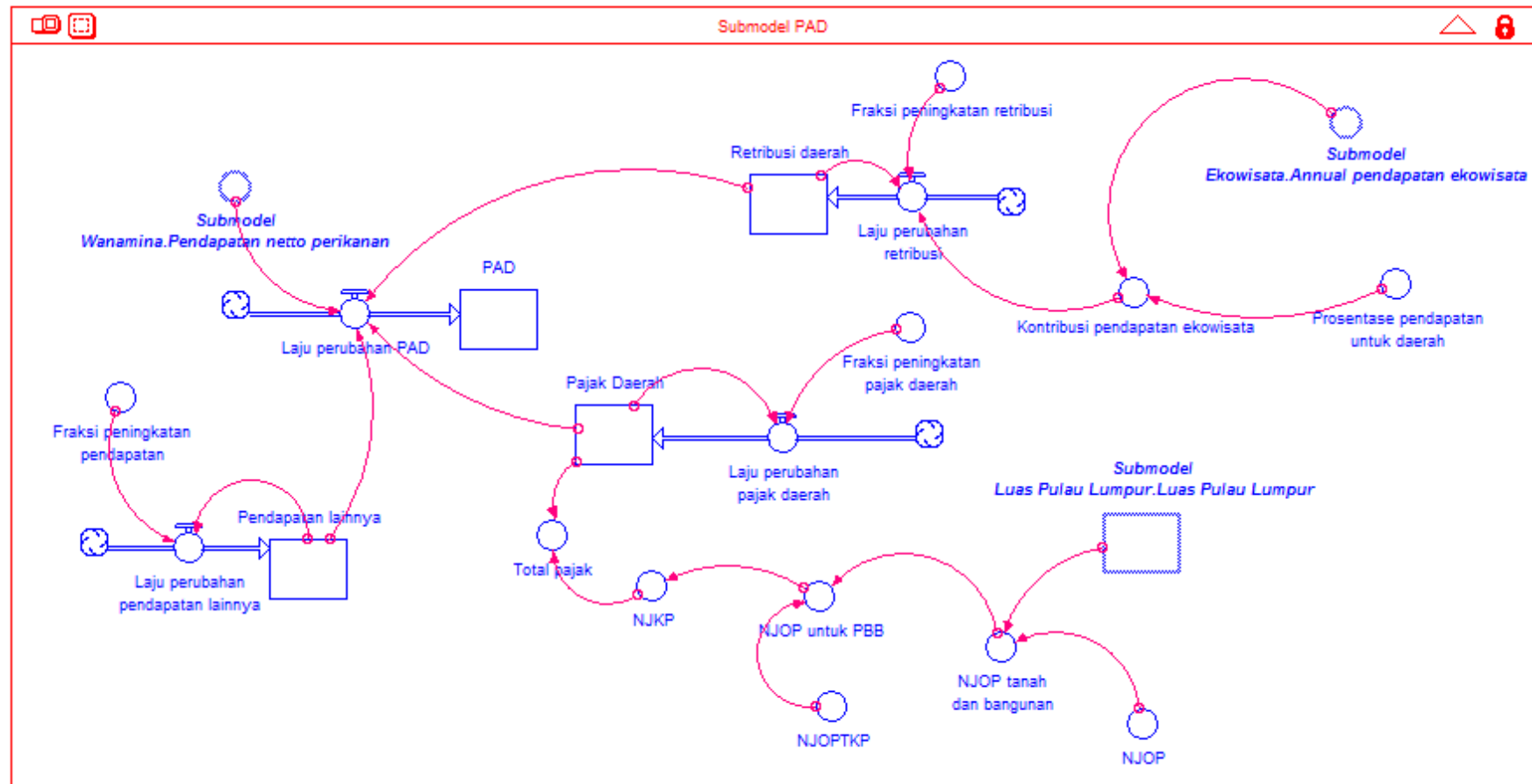


Gambar 4.9 Submodel Ekowisata

4.3.5 Submodel PAD

Submodel PAD berisi mengenai sumber pendapatan yang berkontribusi terhadap daerah Sidoarjo. Adapun sumber pendapatan yang menyusun PAD terdiri dari pajak daerah, retribusi daerah, hasil kekayaan daerah yang dipisahkan, dan lain-lain pendapatan daerah yang sah. Dalam pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur ini terdapat beberapa jenis pendapatan yang dapat menambah nilai pendapatan asli daerah Sidoarjo. Pada submodel PAD ini, pendapatan bersih dari sektor perikanan yang dikembangkan di Pulau Lumpur Sidoarjo akan berkontribusi terhadap PAD Sidoarjo. Konsep wanamina yang dikembangkan dengan budidaya ikan bandeng yang ada di Pulau Lumpur tersebut merupakan tanggung jawab pemerintah daerah Sidoarjo dengan melibatkan partisipasi penduduk lokal sekitar Pulau Lumpur. Dari produksi budidaya perikanan tersebut sebagian akan menjadi pendapatan untuk masyarakat sekitar Pulau Lumpur dan menjadi pendapatan untuk daerah Sidoarjo. Selain itu, dengan adanya ekowisata di Pulau Lumpur juga akan menambah pendapatan untuk retribusi daerah. Pungutan retribusi tersebut didasarkan pada Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2009 tentang pajak daerah dan retribusi daerah.

Variabel-variabel yang menyusun submodel PAD ini terdiri dari variabel PAD, retribusi daerah, pajak daerah, serta pendapatan lainnya sebagai *stock/level*. Sedangkan untuk variabel *rate* antara lain laju perubahan PAD, laju perubahan retribusi, laju perubahan pajak daerah, dan laju perubahan pendapatan lainnya. Variabel *rate* tersebut merupakan variabel yang dapat menambah atau mengurangi nilai variabel *stock/level*. Adapun variabel-variabel lainnya yang menjadi *converter* dapat dilihat selengkapnya pada Gambar 4.10.



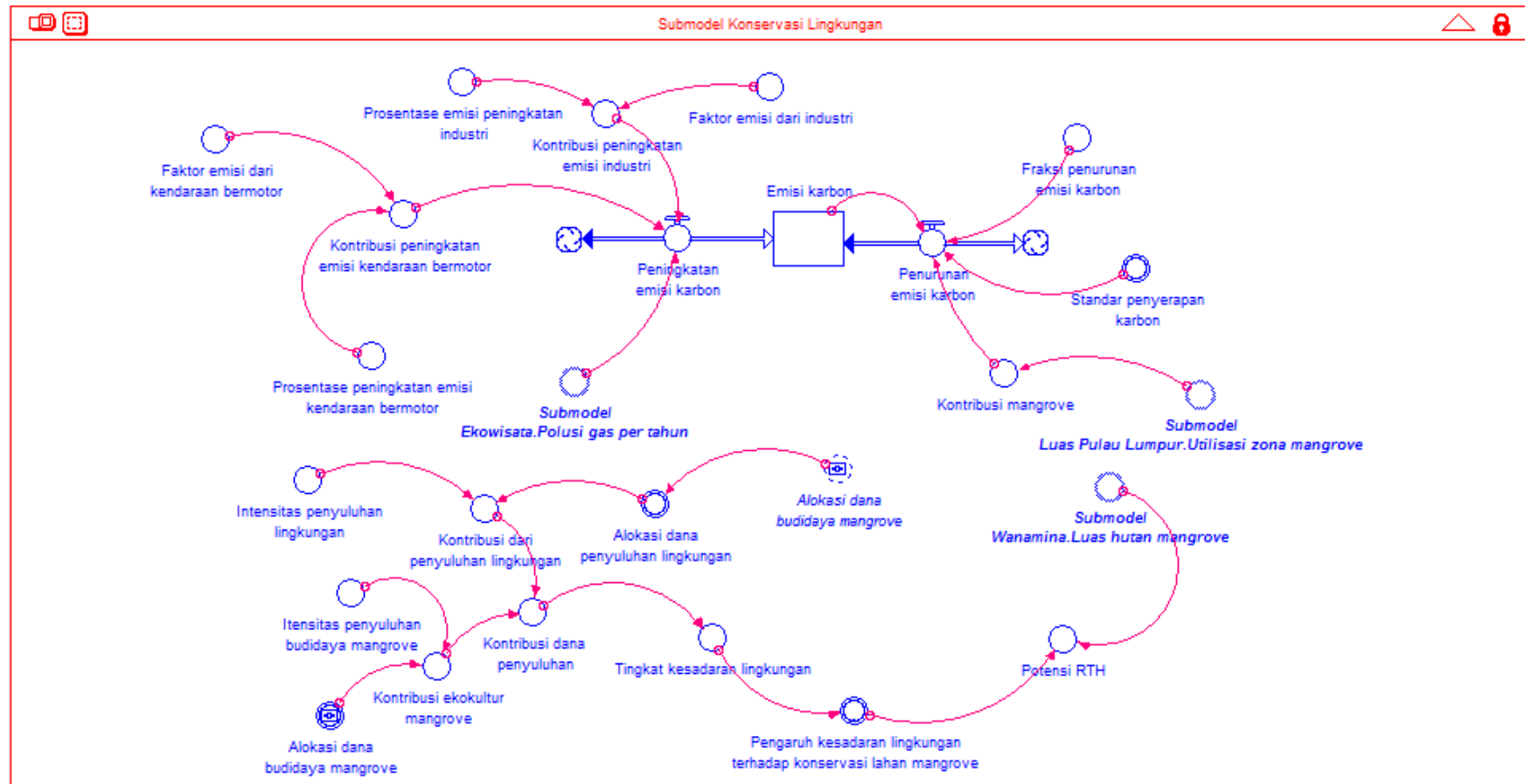
Gambar 4.10 Submodel PAD

4.3.6 Submodel Konservasi Lingkungan

Submodel konservasi lingkungan merupakan sisi ekologi yang memperlihatkan keberlanjutan lingkungan pada pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo ini. Keberlanjutan lingkungan yang dimaksud adalah ditinjau dari ukuran emisi karbon. Emisi karbon disini merupakan *stock/level*. Emisi karbon dipengaruhi oleh variabel peningkatan emisi karbon dan penurunan emisi karbon sebagai *rate* yang dapat menambah dan mengurangi jumlah emisi karbon. Adanya peningkatan emisi karbon dipengaruhi oleh faktor perkembangan industri yang semakin banyak dan juga peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Sedangkan penurunan emisi karbon dipengaruhi oleh luasan area hutan mangrove yang terdapat di Pulau Lumpur itu sendiri. Mangrove berfungsi sebagai vegetasi yang dapat menyimpan atau menyerap karbon. Setiap jenis mangrove memiliki tingkat penyerapan yang berbeda. Mangrove yang hidup di Pulau Lumpur didominasi oleh jenis *Avicennia marina*. Menurut Wang et al. (2013), penyerapan karbon oleh *Avicennia marina* adalah sebesar 212,88 ton/ha.

Pada submodel konservasi lingkungan ini juga diperhatikan tingkat kesadaran masyarakat akan pentingnya lingkungan. Tingkat kesadaran lingkungan merupakan *converter* sangat bergantung kepada parameter kontribusi dana penyuluhan untuk penyuluhan lingkungan dan penyuluhan terhadap budidaya mangrove. Dengan adanya penyuluhan yang diberikan diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat akan lingkungan dalam hal ini adalah partisipasi dan perilaku masyarakat terhadap pemanfaatan kawasan mangrove di Pulau Lumpur Sidoarjo.

Dengan demikian, dengan dikembangkannya ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo ini nantinya selain dapat memberikan kontribusi kepada masyarakat setempat secara ekonomi juga dapat memberikan nilai edukasi kepada masyarakat umum dalam rangka konservasi lingkungan dan menjaga ekosistem mangrove serta meminimalisir konversi hutan mangrove untuk mencegah terjadinya kerusakan. Variabel-variabel lain yang berpengaruh pada submodel ini secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.11.



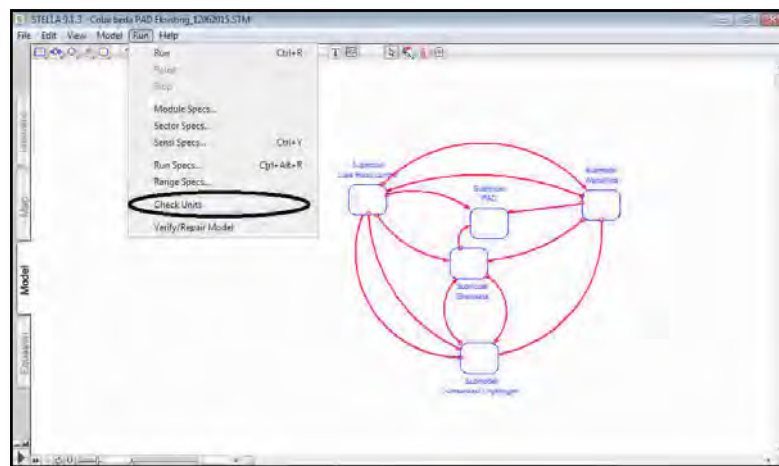
Gambar 4.11 Submodel Konservasi Lingkungan

4.4 Verifikasi dan Validasi Model

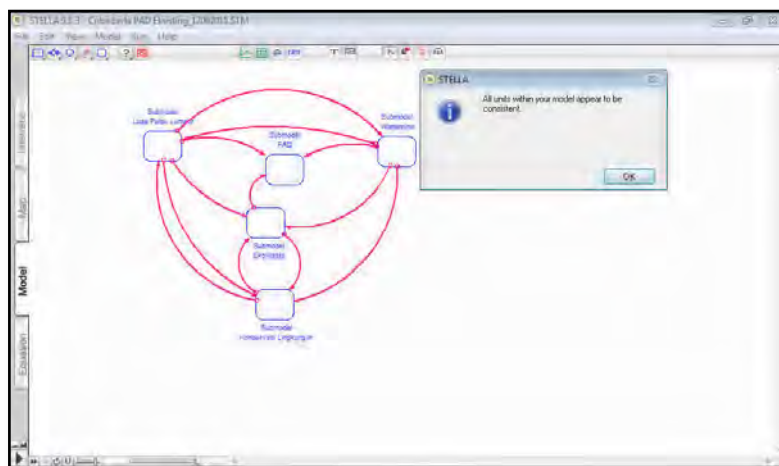
Verifikasi dan validasi merupakan tahap yang dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat dapat merepresentasikan kondisi sistem yang sebenarnya. Verifikasi model bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi kesalahan atau *error* ketika model dijalankan. Sementara validasi model dilakukan dengan dua cara yaitu validasi *white box* dan validasi *black box*. Validasi *white box* dilakukan dengan memasukkan semua variabel yang terkait dalam model yang didapatkan berdasarkan studi literatur dan pendapat ahli (*expert*). Sedangkan untuk validasi *black box* dengan membandingkan rata-rata nilai data aktual dengan nilai hasil simulasi. Adapun validasi *black box* terdiri dari lima langkah pengujian model yaitu uji struktur model, uji kecukupan batasan (*boundary adequacy test*), uji parameter model (*model parameter test*), uji kondisi ekstrim (*extreme condition test*), dan uji perilaku model/replikasi.

4.4.1 Verifikasi Model

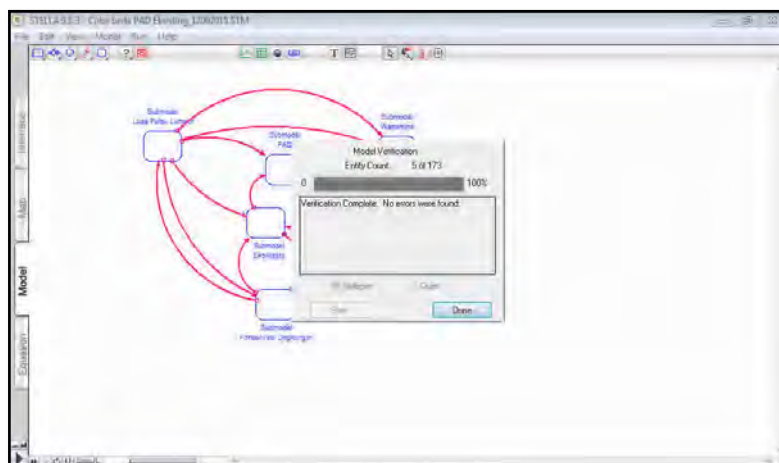
Verifikasi model merupakan suatu tahapan untuk mencocokkan apakah model sudah sesuai dengan model konseptual. Dalam hal ini, verifikasi model dilakukan dengan cara memeriksa *error* pada model dan meyakinkan bahwa model dapat berfungsi logika sesuai dengan sistem amatan. Selain itu, verifikasi model juga perlu dilakukan dengan memeriksa formulasi, model, dan unit (satuan) variabel dari model. Model dapat dikatakan terverifikasi jika tidak terdapat *error*. Berdasarkan simulasi, program dapat berjalan dengan baik tanpa terjadi *error* pada unit maupun formulasi. Hasil verifikasi model yang telah dilakukan pada model ditunjukkan oleh Gambar 4.12 sampai dengan Gambar 4.16.



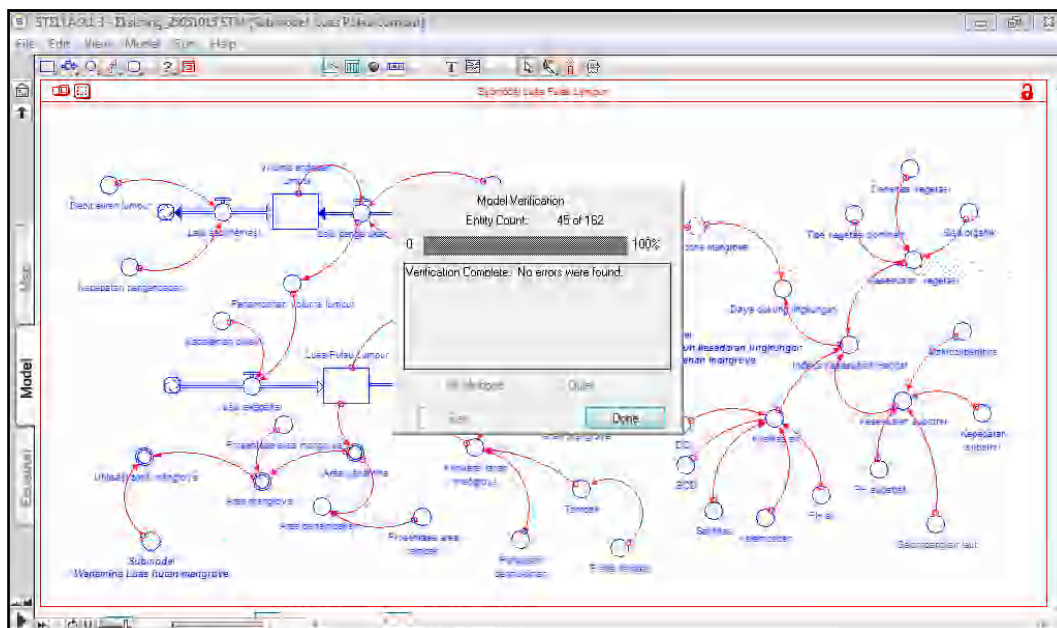
Gambar 4.12 Cek Unit Model



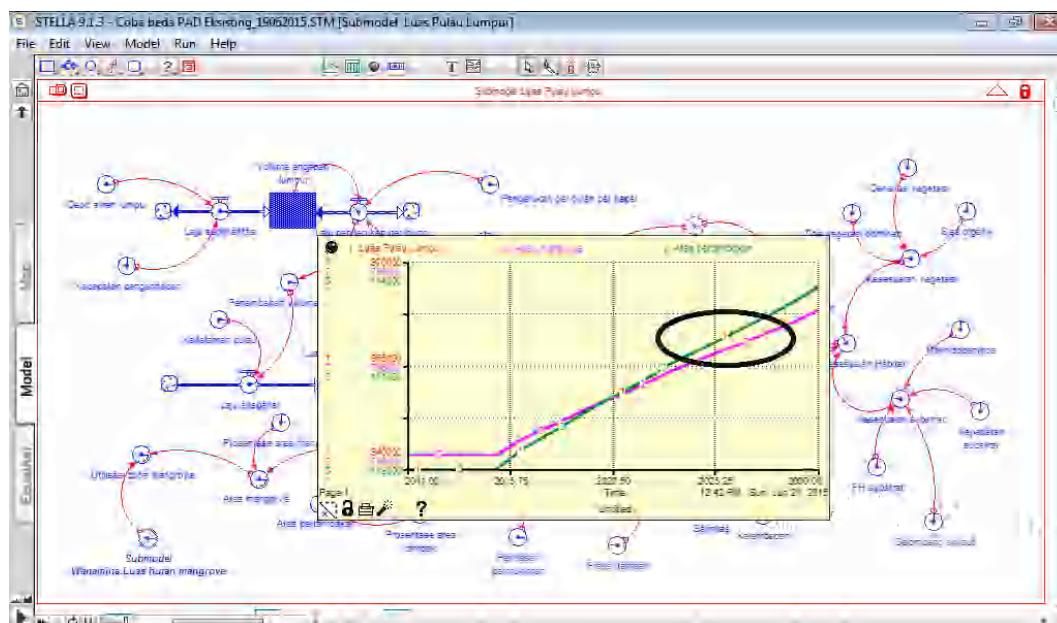
Gambar 4.13 Hasil Pengecekan Unit Model



Gambar 4.14 Verifikasi Model Utama



Gambar 4.15 Verifikasi Submodel



Gambar 4.16 Verifikasi Formulasi Model

4.4.2 Validasi Model

Validasi model merupakan tahapan pengujian model untuk mengetahui apakah model sudah cukup dapat merepresentasikan kondisi pada sistem nyata. Pada tahapan ini terbagi menjadi dua metode yaitu *white box* dan *black box*. Metode *white box* yaitu dengan memasukkan semua variabel serta keterkaitan

antar variabel yang didapatkan melalui studi literatur dan pendapat ahli maupun *stakeholder* terkait. Sedangkan metode *black box* dilakukan dengan membandingkan rata-rata nilai data aktual dengan nilai data hasil simulasi.

4.4.2.1 Uji Struktur Model

Uji struktur model merupakan uji yang dilakukan untuk mengukur sejauh mana struktur model simulasi yang dibuat dapat menyerupai struktur model sistem amatan yang telah dibuat. Setiap faktor penting dalam sistem nyata harus dapat direpresentasikan dalam model. Hal utama yang dipertimbangkan dalam sistem dinamik adalah eksploitasi sistem nyata, pengalaman dan intuisi (hipotesis), sedangkan data memainkan peranan sekunder (Wirjodirdjo, 2012).

Pengujian struktur model penelitian ini dilakukan dengan pembangunan model berdasarkan literatur yang mendukung metode sejenis ataupun permasalahan pengembangan ekowisata di daerah lain dan juga proses diskusi maupun *brainstorming* dengan *stakeholder* terkait yaitu BPLS (Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo). Dalam hal ini ahli yang dimaksud adalah Staff delegasi Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo yang bertanggung jawab pada bidang sosial dan lingkungan Pulau Lumpur Sidoarjo. Model pengembangan ekowisata Pulau Lumpur Sidoarjo berbasis konsep keberlanjutan lingkungan yang telah dibuat beserta unit formulasinya telah diterima oleh evaluator sehingga model telah valid secara kualitatif.

4.4.2.2 Uji Kecukupan Batasan (Boundary Adequacy Test)

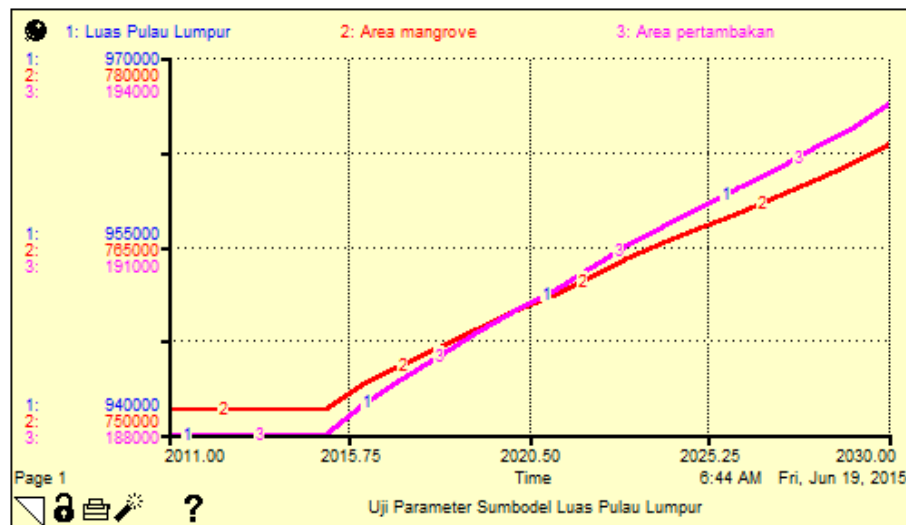
Uji kecukupan batasan dilakukan untuk menguji kecukupan batasan dari model simulasi yang dibuat berdasarkan tujuan yang telah ditetapkan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat seberapa besar dampak dan dinamika skenario kebijakan untuk pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo secara berkelanjutan ditinjau dari kontribusi dan pendayagunaan hutan mangrove terhadap lingkungan serta dampaknya terhadap emisi karbon dan pendapatan. Langkah pembatasan model telah dilakukan ketika model dibuat, yaitu dengan memasukkan variabel-variabel dalam model. Jika suatu variabel

ternyata tidak berpengaruh secara signifikan terhadap tujuan model, maka variabel tersebut tidak perlu disertakan dalam model yang telah dirancang.

4.4.2.3 Uji Parameter Model (Model Parameter Test)

Uji parameter model dilakukan dengan melihat hubungan antar variabel, serta membandingkan hasil logika aktual dengan hasil simulasi. Hubungan antar variabel dalam model yang telah digambarkan sebelumnya melalui *causal loop diagram* akan diuji melalui gambaran grafik dari simulasi model yang telah dibuat. Berikut ditampilkan uji parameter pada masing-masing submodel.

Gambar berikut ini merupakan grafik hasil uji parameter terhadap masing-masing submodel, dapat terlihat bahwa variabel-variabel yang ditampilkan pada masing-masing submodel sudah sesuai dengan logika aktual sesuai dengan *causal loop diagram*.



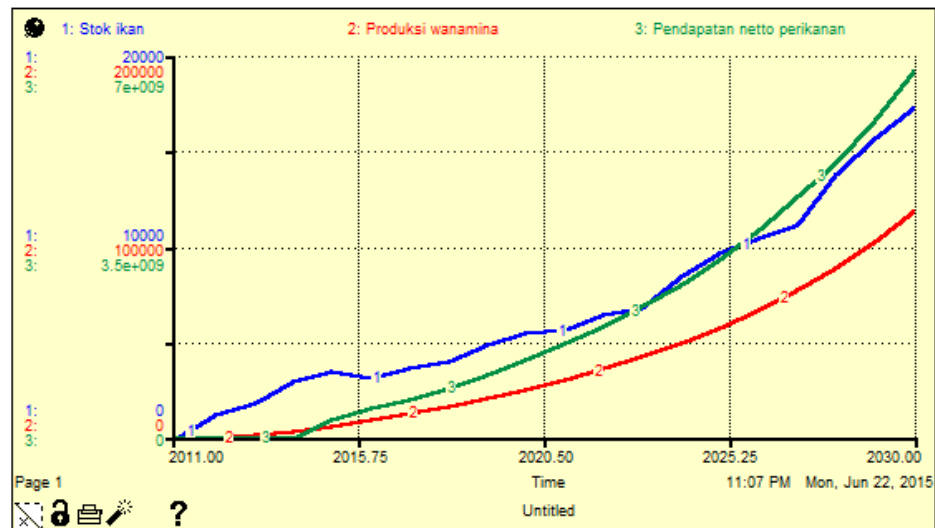
Gambar 4.17 Uji Parameter Submodel Luas Pulau Lumpur

Keterangan:

1. Luas Pulau Lumpur
2. Area mangrove
3. Area pertambakan

Berdasarkan Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa variabel area mangrove dan area pertambakan naik seiring dengan kenaikan luas Pulau Lumpur. Hal ini karena variabel luas Pulau Lumpur, area mangrove, dan area pertambakan memiliki

hubungan keterkaitan yang positif, sehingga setiap ada kenaikan nilai suatu variabel akan menaikkan nilai variabel lainnya.

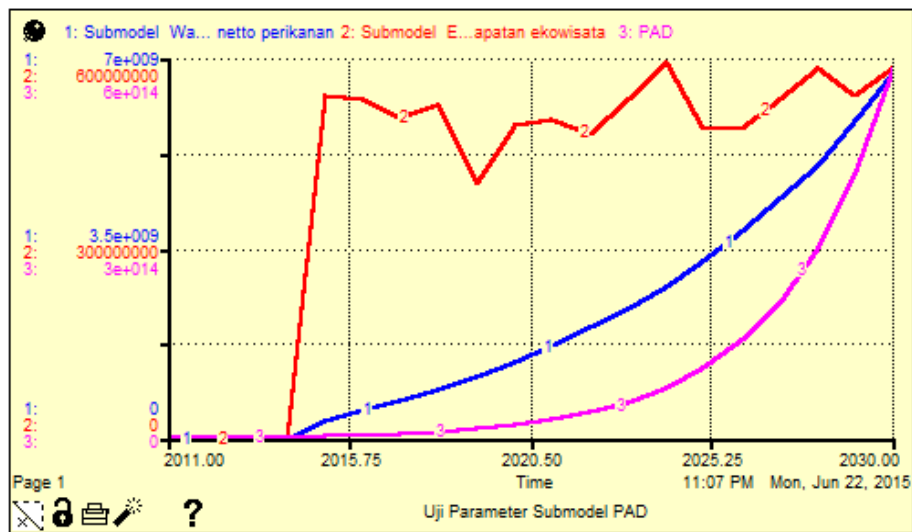


Gambar 4.18 Uji Parameter Submodel Wanamina

Keterangan:

1. Stok ikan
2. Produksi wanamina
3. Pendapatan netto perikanan

Berdasarkan Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa ketika stok ikan tinggi maka terjadi kenaikan pada variabel produksi wanamina. Dengan demikian akan menyebabkan kenaikan pula pada variabel pendapatan netto sektor perikanan. Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan yang positif, sehingga saling berbanding lurus.

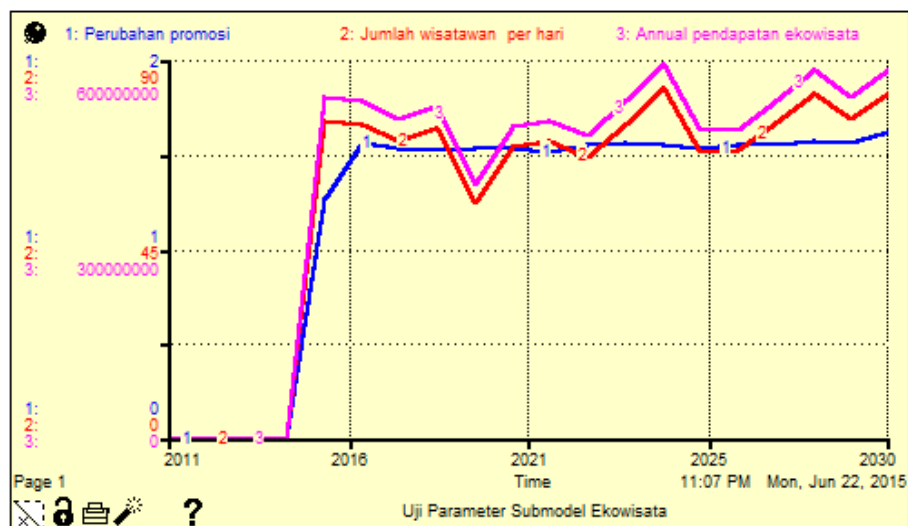


Gambar 4.19 Uji Parameter Submodel PAD

Keterangan:

1. Pendapatan netto perikanan
2. Kontribusi pendapatan ekowisata
3. PAD

Pada Gambar 4.19 terlihat bahwa pendapatan netto perikanan memiliki pola grafik yang semakin naik dari tahun ke tahun, sehingga hal ini akan menyebabkan kenaikan pula pada PAD. Sedangkan untuk kontribusi pendapatan ekowisata terlihat bahwa terjadi fluktuasi namun memiliki kecenderungan yang naik.

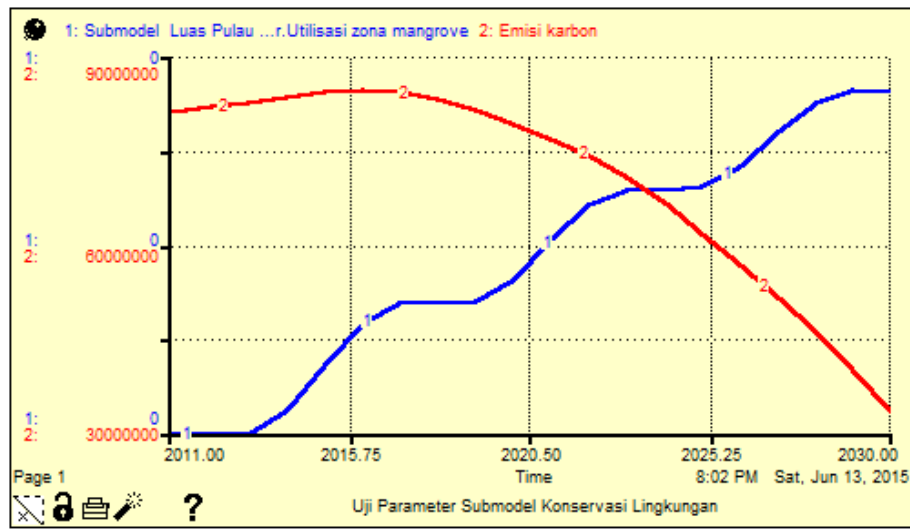


Gambar 4.20 Uji Parameter Submodel Ekowisata

Keterangan:

1. Perubahan promosi
2. Jumlah wisatawan per hari
3. Annual pendapatan ekowisata

Berdasarkan Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa variabel jumlah wisatawan dan annual pendapatan ekowisata mengikuti pola variabel perubahan promosi. Hal ini karena perubahan promosi akan menstimulus jumlah wisatawan yang berkunjung, sehingga secara langsung akan mempengaruhi annual pendapatan ekowisata.



Gambar 4.21 Uji Parameter Submodel Konservasi Lingkungan

Keterangan:

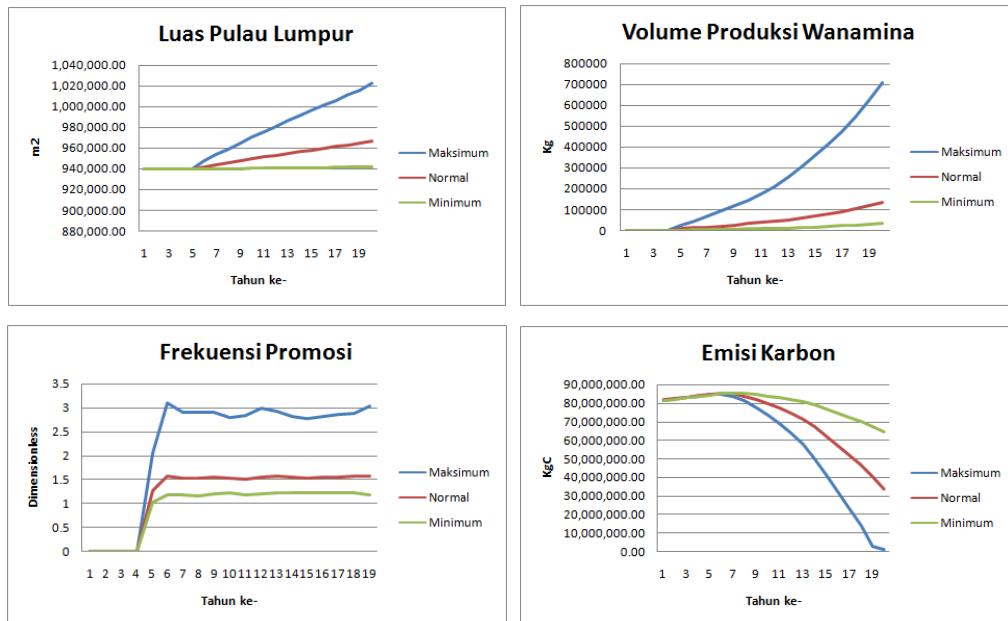
1. Utilisasi zona mangrove
2. Emisi karbon

Berdasarkan Gambar 4.21 dijelaskan bahwa terdapat hubungan negatif antara utilisasi zona mangrove dan emisi karbon. Semakin besar utilisasi zona mangrove, maka penyerapan karbon pun akan semakin besar sehingga emisi karbon akan menurun.

4.4.2.4 Uji Kondisi Ekstrim (Extreme Condition Test)

Uji kondisi ekstrim dilakukan untuk menguji kemampuan model pada kondisi ekstrim. Dalam hal ini, kondisi ekstrim yang dimaksud adalah perubahan nilai menjadi ekstrim tinggi dan ekstrim rendah. Variabel yang diubah adalah variabel sistem yang terkendali dan terukur. Pengujian ini dapat dilakukan dengan memasukkan nilai ekstrim terbesar dan terkecil. Jika dengan kondisi ekstrim model tetap memberikan hasil yang sesuai dan logis maka model dapat dikatakan

valid. Namun sebaliknya, jika hasil yang didapatkan tidak logis maka terdapat kesalahan dalam model baik berupa kesalahan struktural maupun kesalahan nilai parameter. Pada pengujian ini digunakan variabel dengan nilai normal, nilai ekstrim besar, dan nilai ekstrim kecil. Berikut ditampilkan uji kondisi ekstrim pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Hasil Uji Kondisi Ekstrim

Berdasarkan Gambar 4.22 dapat dilihat bahwa setiap submodel menunjukkan pola yang sama ketika dimasukkan nilai input yang berbeda. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model masih berfungsi sesuai dengan logika tujuan yang ingin dicapai baik dalam kondisi normal maupun kondisi ekstrim sehingga model dikatakan valid.

4.4.2.5 Uji Perilaku Model/Replikasi

Uji perilaku model/replikasi bertujuan untuk mengetahui apakah perilaku model sudah sama dengan perilaku kondisi sistem yang sebenarnya. Pengujian dilakukan pada output sejumlah replikasi yang dibandingkan dengan data sebenarnya (Barlas, 1996). Berikut merupakan output hasil simulasi dan output dari beberapa variabel dalam simulasi yang ditampilkan pada Tabel 4.6 hingga Tabel 4.8.

Tabel 4.6 Perbandingan Data Aktual dengan Output Simulasi Luas Pulau Lumpur

Tahun	Luas (m2)	
	Simulasi	Aktual
2011	940000	940000
2012	940000	940000
2013	940000	940000

Tabel 4.7 Perbandingan Data Aktual dengan Output Simulasi PAD Kabupaten Sidoarjo

Tahun	PAD Kabupaten Sidoarjo (Rupiah)	
	Simulasi	Aktual
2011	484,313,737,307	484,313,733,307.00
2012	957,792,786,812	669,617,566,903.00
2013	1,498,011,102,029	887,723,269,409.00

Tabel 4.8 Perbandingan Data Aktual dengan Output Simulasi Emisi Karbon

Tahun	Emisi Karbon (KgC)	
	Simulasi	Aktual
2011	81591272.0	81591272.0
2012	82286837.2	81356655.0
2013	83017643.1	85441144.0

Dapat dilihat pada Tabel 4.6 pada variabel luas Pulau Lumpur bahwa hasil output simulasi identik dengan data aktual, sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan antara hasil simulasi dengan data aktual. Namun pada variabel PAD dan emisi karbon output hasil simulasi dengan data aktual tidak identik, sehingga uji perilaku model dilakukan dengan melakukan uji statistik terhadap output hasil simulasi dengan data aktual. Dalam hal ini, uji statistik yang digunakan adalah uji hipotesa dengan *paired t-test*, dimana hipotesa yang digunakan dinyatakan sebagai berikut:

H_0 = Tidak ada perbedaan antara output hasil simulasi dengan output aktual

H_a = Terdapat perbedaan antara output hasil simulasi dengan output aktual

Berdasarkan hipotesa yang telah dinyatakan seperti di atas maka selanjutnya yaitu dibandingkan nilai *p-value* hasil *paired t-test* masing-masing

variabel simulasi dengan level signifikan yang digunakan yaitu α sebesar 0.05. Hasil uji hipotesa dengan *paired t-test* menggunakan bantuan *software* Minitab ditampilkan pada Gambar 4.23 sampai Gambar 4.24 berikut ini.

Paired T-Test and CI: Simulasi, Aktual				
Paired T for Simulasi - Aktual				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Simulasi	3	9.80039E+11	5.07215E+11	2.92841E+11
Aktual	3	6.80552E+11	2.01927E+11	1.16583E+11
Difference	3	2.99488E+11	3.05301E+11	1.76266E+11
95% CI for mean difference: (-458922394940, 1057897765959)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 1.70 P-Value = 0.231				

Gambar 4.23 Hasil Paired T-test Variabel PAD Sidoarjo

Paired T-Test and CI: Simulasi, Aktual				
Paired T for Simulasi - Aktual				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Simulasi	3	82320805	735257	424501
Aktual	3	82796357	2293455	1324127
Difference	3	-475552	1716305	990909
95% CI for mean difference: (-4739090, 3787986)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.48 P-Value = 0.679				

Gambar 4.24 Hasil Paired T-test Variabel Emisi Karbon

Rekapitulasi hasil uji hipotesa tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan *P-value* terhadap Masing-masing Variabel

No	Variabel Simulasi	<i>P-value</i>	Pernyataan Hipotesa
1	PAD Kabupaten Sidoarjo	0.231	Terima H_0
2	Emisi karbon	0.679	Terima H_0

Berdasarkan perhitungan *p-value* dari masing masing-masing variabel dapat diketahui bahwa nilai *p-value* masing-masing variabel melebihi dari nilai α yang digunakan sehingga hasil uji hipotesa adalah terima H_0 .

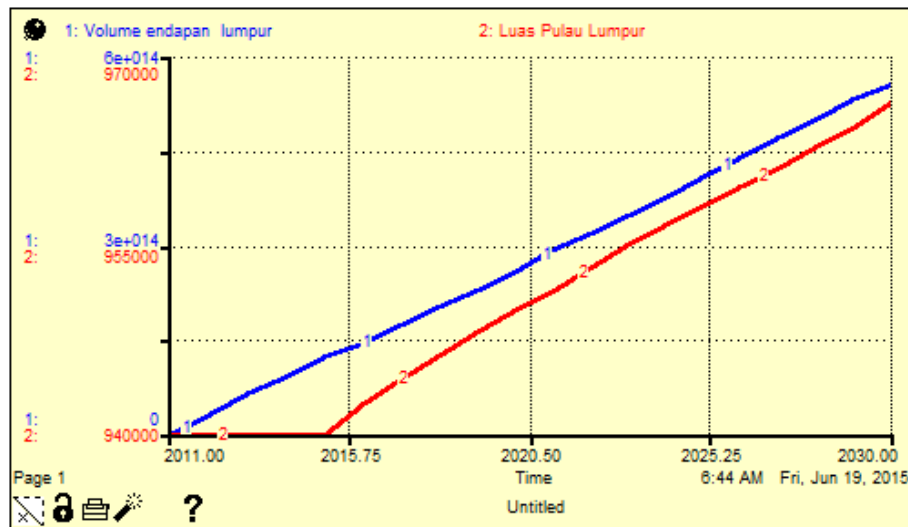
Dengan demikian, berdasarkan uji statistik yang telah dilakukan dengan perhitungan *p-value* dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan antara output hasil simulasi dengan data aktual sesuai kondisi yang sesungguhnya sehingga model dapat dikatakan valid.

4.5 Simulasi Model

Running model simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* STELLA. Model simulasi dijalankan dalam kurun waktu mulai dari tahun 2011 hingga tahun 2030. Apabila dijalankan hingga lebih dari tahun 2030 dikhawatirkan hasil simulasi tidak obyektif sesuai dengan kondisi kawasan Pulau Lumpur Sidoarjo. Tahun 2011 dipilih sebagai tahun awal simulasi karena merupakan tahun awal terbentuknya Pulau Lumpur Sidoarjo.

4.5.1 Simulasi Submodel Luas Pulau Lumpur

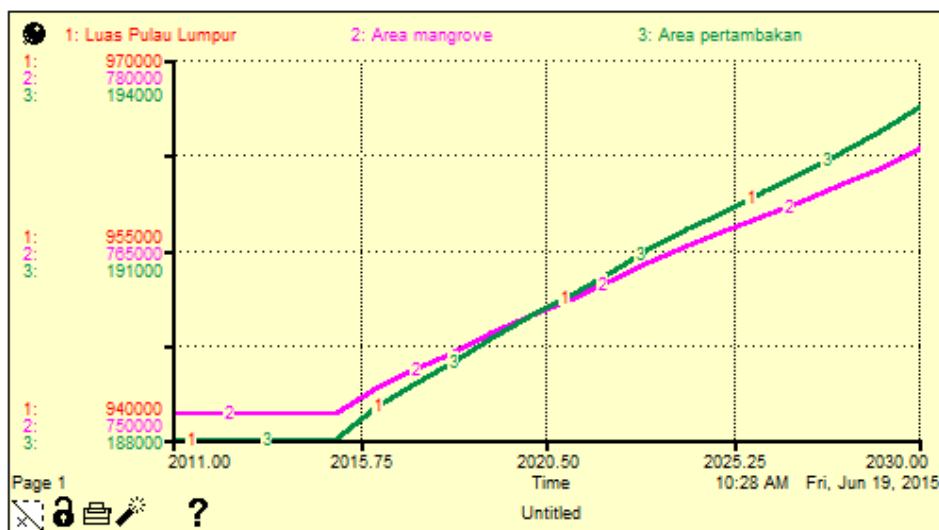
Submodel luas Pulau Lumpur ini menunjukkan pertambahan luas Pulau Lumpur dari waktu ke waktu. Luas Pulau Lumpur dipengaruhi oleh volume endapan lumpur di muara Kali Porong. Pertambahan volume endapan lumpur ini disebabkan oleh debit aliran lumpur yang diarah ke Kali Porong. Semakin banyak volume endapan lumpur menyebabkan dilakukan pengerukan lumpur agar tidak terjadi pendangkalan di area muara sungai. Namun pada awal tahun hingga tahun 2014, tidak terjadi pengerukan sehingga Luas Pulau Lumpur tetap seperti kondisi inisial yaitu 94 hektar. Karena volume lumpur yang terus meningkat, dimungkinkan setelah tahun 2014 kembali dilakukan pengerukan untuk mencegah terjadinya pendangkalan di muara akibat sedimentasi. Dengan adanya kegiatan pengerukan lumpur tersebut sehingga akan menyebabkan bertambahnya luas Pulau Lumpur. Hasil simulasi submodel luas Pulau Lumpur ditunjukkan oleh Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Hasil Simulasi Submodel Luas Pulau Lumpur

Keterangan:

1. Volume endapan lumpur
2. Luas Pulau Lumpur



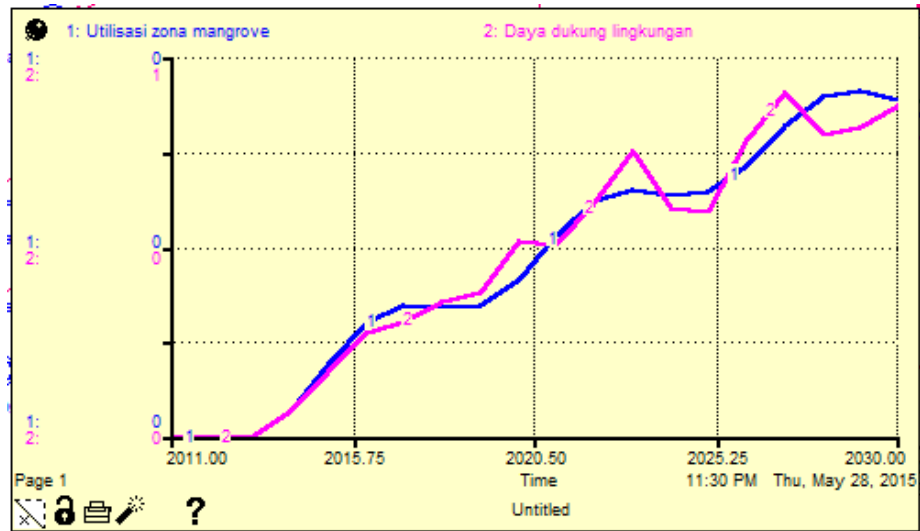
Gambar 4.26 Grafik Informasi Variabel pada Subodel Luas Pulau Lumpur

Keterangan:

1. Luas Pulau Lumpur
2. Area mangrove
3. Area pertambakan

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, Gambar 4.26 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang positif antara variabel luas pulau lumpur, area mangrove, dan area pertambakan. Berdasarkan kondisi sistem yang sebenarnya, konsep yang dikembangkan Pulau Lumpur adalah wanamina (*silvofishery*)

dimana terbagi menjadi area mangrove dan area pertambakan. Alokasi area mangrove adalah 80% dari luas pulau, sedangkan 20% sisanya merupakan area yang dialokasikan untuk pertambakan. Dengan demikian, apabila terjadi penambahan luas pulau, secara simultan akan menambah luas area mangrove dan area pertambakan.



Gambar 4.27 Pengaruh Utilisasi Zona Mangrove terhadap Daya Dukung Lingkungan

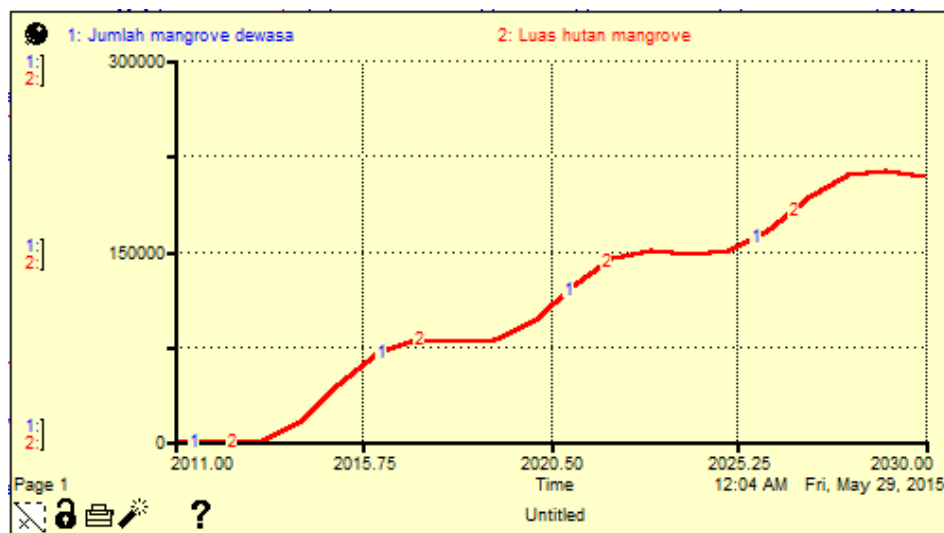
Keterangan:

1. Utilisasi zona mangrove
2. Daya dukung lingkungan

Variabel penting lainnya pada submodel luas Pulau Lumpur ini adalah daya lingkungan sebagai variabel respon, sementara utilisasi zona mangrove sebagai variabel kontrol. Utilisasi zona mangrove merupakan alokasi area mangrove yang telah ditanami oleh mangrove. Utilisasi zona mangrove dan daya dukung lingkungan memiliki pola yang sama, dimana jika semakin besar area mangrove yang ditumbuhi mangrove maka daya dukung lingkungannya akan meningkat. Namun, berdasarkan Gambar 4.27, daya dukung lingkungan mengalami penurunan pada selang waktu tertentu. Hal ini disebabkan oleh penurunan utilisasi zona mangrove akibat berkurangnya tanaman mangrove yang mungkin disebabkan oleh konversi hutan mangrove.

4.5.2 Simulasi Submodel Wanamina

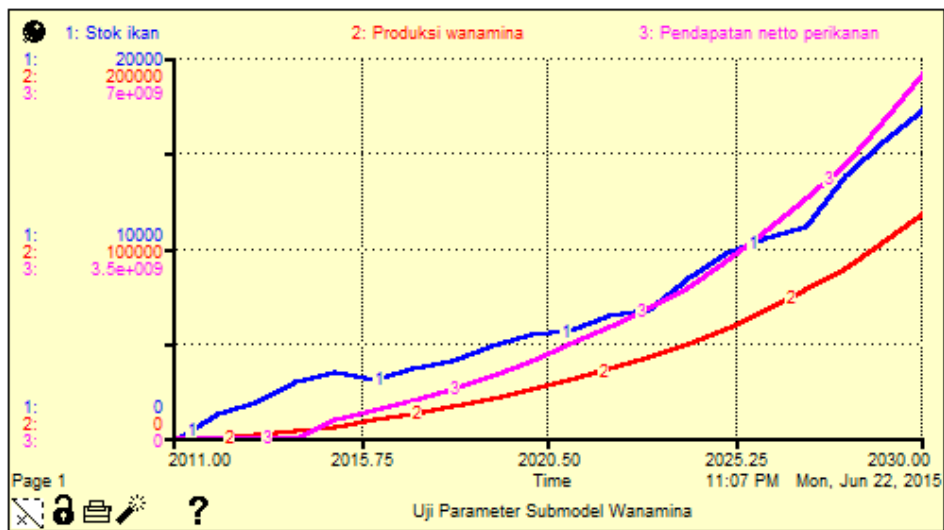
Saat ini Pulau Lumpur dimanfaatkan sebagai wanamina, dimana sebagian area pulau tersebut dimanfaatkan untuk hutan mangrove dan untuk pertambakan ikan. Untuk hutan mangrove pada submodel ini direpresentasikan oleh jumlah mangrove yang ditanam dan berhasil tumbuh menjadi mangrove dewasa. Jumlah mangrove dipengaruhi oleh banyaknya bibit pada inisiasi penanaman yaitu sejumlah 15000 bibit. Perkembangan hutan mangrove di Pulau Lumpur ditunjukkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Grafik Informasi Variabel pada Subodel Wanamina
Keterangan:

1. Jumlah mangrove dewasa
2. Luas hutan mangrove

Untuk area pertambakan pada submodel wanamina direpresentasikan oleh banyaknya bibit ikan yang ditebar sebagai variabel kontrol, dan variabel produksi wanamina serta PAD kabupaten Sidoarjo sebagai variabel respon. Bibit ikan yang ditebar pada mulanya adalah sekitar 5000 bibit ikan.



Gambar 4.29 Hasil Simulasi Submodel Wanamina

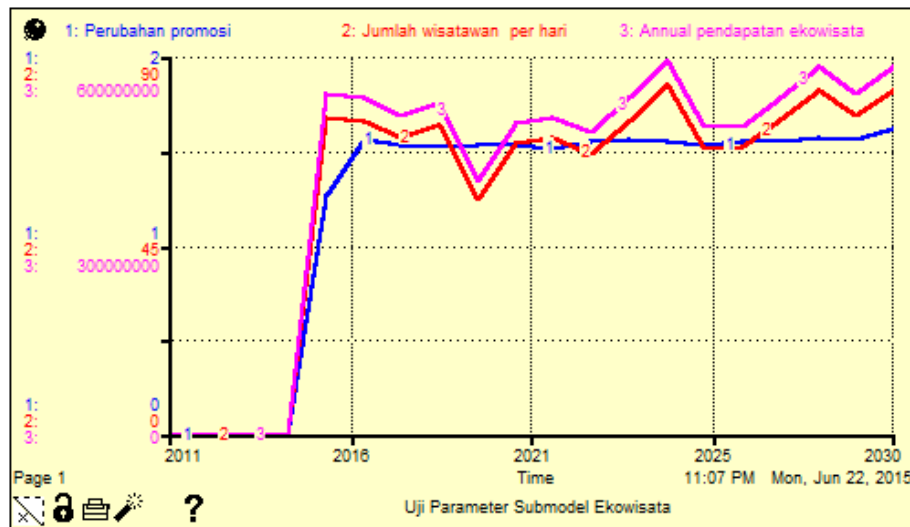
Keterangan:

1. Stok ikan
2. Produksi wanamina
3. Pendapatan netto perikanan

Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan oleh Gambar 4.29 dapat dilihat bahwa stok ikan terus mengalami kenaikan seiring berjalannya waktu yang. Stok ikan mengindikasikan berapa besar ketersediaan ikan yang siap dipanen. Meskipun produksi wanamina dipengaruhi oleh stok ikan, namun tidak semua stok ikan tersebut dipanen. Pemanenan wanamina disesuaikan dengan kondisi demand ikan pada saat itu. Pendapatan netto perikanan memiliki pola yang sama dengan produksi wanamina karena keduanya memiliki hubungan yang berbanding lurus. Dengan produksi wanamina yang semakin meningkat, maka secara langsung dapat meningkatkan pendapatan netto perikanan.

4.5.3 Simulasi Submodel Ekowisata

Ekowisata merupakan salah satu program yang akan dikembangkan selain wanamina guna memanfaatkan kawasan Pulau Lumpur secara berkelanjutan. Variabel-variabel penting dalam submodel ekowisata adalah perubahan promosi ekowisata, jumlah wisatawan, serta ditekankan pada pendapatan ekowisata seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.30.

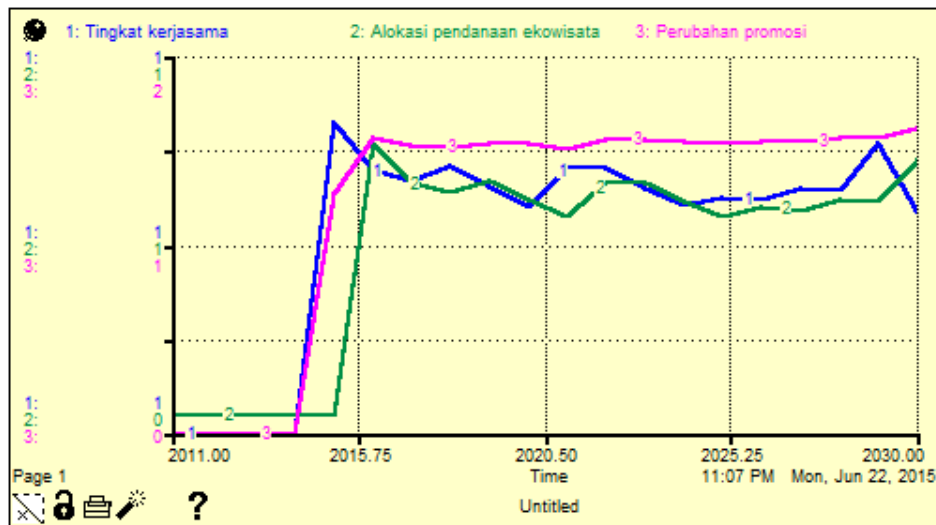


Gambar 4.30 Hasil Simulasi Submodel Ekowisata

Keterangan:

1. Perubahan promosi
2. Jumlah wisatawan per hari
3. Annual pendapatn ekowisata

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, variabel perubahan promosi, jumlah wisatawan, dan annual pendapatan ekowisata memiliki pola yang sama. Kegiatan promosi akan menarik minat para wisatawan sehingga wisatan akan tertarik berkunjung ke Pulau Lumpur. Semakin gencar promosi yang dilakukan maka kecenderungan wisatawan untuk berkunjung akan semakin besar. Fluktuasi annual pendapatan ekowisata yang diterima merupakan akibat dari fluktuasi jumlah wisatawan yang distimulus oleh promosi ekowisata yang dilakukan. Pada awal tahun, terlihat bahwa belum ada pendapatan ekowisata. Hal ini karena belum terjadi inisiasi ekowisata sehingga belum ada kegiatan promosi. Perubahan promosi ekowisata tersebut berpengaruh positif terhadap pendapatan ekowisata. Namun, perubahan promosi ekowisata itu sendiri dipengaruhi oleh tingkat kerjasama dan total pendanaan.



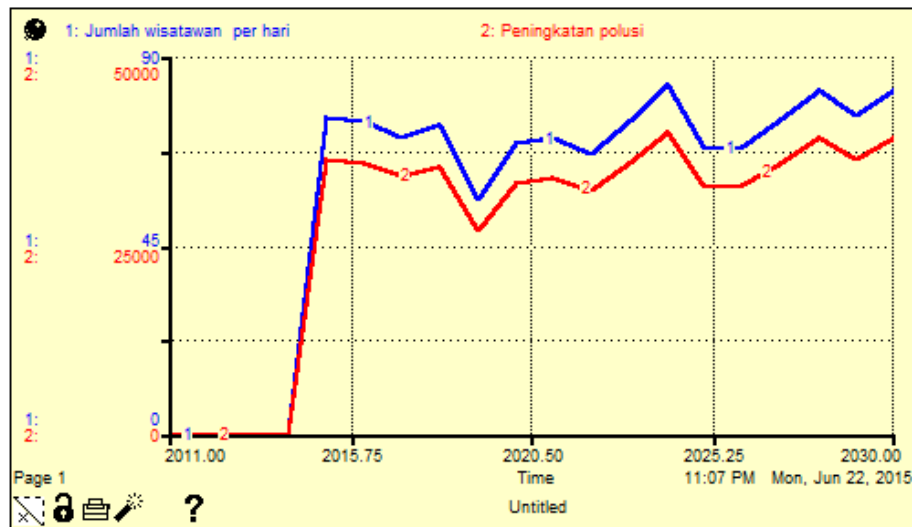
Gambar 4.31 Grafik Informasi Variabel pada Subodel Ekowisata

Keterangan:

1. Tingkat kerjasama
2. Alokasi pendanaan ekowisata
3. Perubahan promosi

Berdasarkan Gambar 4.31 menunjukkan bahwa interaksi antar variabel memberikan perubahan dan pola yang sama. Perubahan promosi dipengaruhi oleh tingkat kerjasama yang dilakukan dengan instansi pemerintah dimana ditentukan oleh frekuensi kerjasama dan banyaknya instansi yang berpartisipasi dalam kerjasama. Tingkat kerjasama ini akan memberikan kontribusi terhadap alokasi pendanaan pada ekowisata. Promosi ekowisata dipengaruhi oleh pendanaan ekowisata yang mengikuti pola tingkat kerjasama. Ada kalanya promosi mengalami penurunan, hal tersebut disebabkan oleh alokasi pendanaan yang cenderung menurun.

Kegiatan wisata jika ditinjau dari segi ekologi memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Tentunya hal ini dilihat dari tingkat polusi yang diakibatkan oleh kegiatan ekowisata tersebut. Banyaknya wisatawan yang berkunjung akan menyebabkan tingginya tingkat polusi akibat sampah dan kendaraan. Hubungan jumlah wisatawan terhadap polusi gas ekowisata dapat dilihat pada Gambar 4.32.

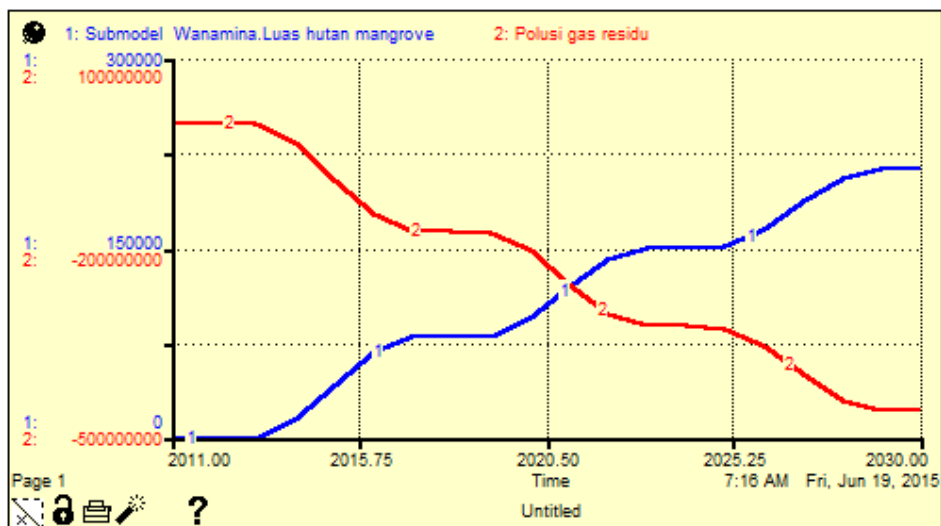


Gambar 4.32 Grafik Hubungan Jumlah Wisatawan terhadap Polusi Gas Ekowisata

Keterangan:

1. Jumlah wisatawan per hari
2. Peningkatan polusi

Namun, karena ekowisata ini terletak pada kawasan hutan mangrove maka polusi gas akibat kegiatan ekowisata tersebut dapat diserap oleh tanaman mangrove.



Gambar 4.33 Grafik Hubungan Penyerapan Polusi oleh Mangrove

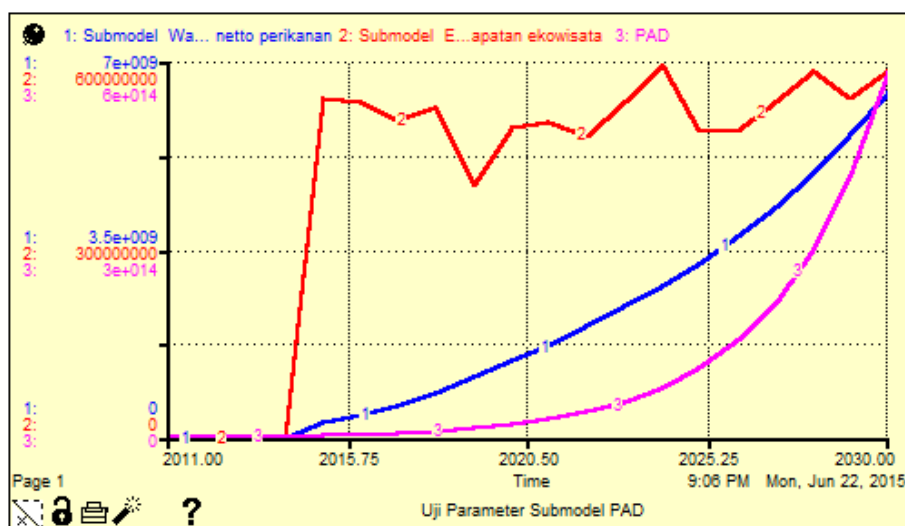
Keterangan:

1. Polusi gas residu
2. Luas hutan mangrove

Kontribusi mangrove terhadap penyerapan polusi ditunjukkan oleh Gambar 4.33. Polusi gas residu merupakan polusi gas yang belum terserap. Terlihat bahwa pada awal tahun, polusi gas residu sangat tinggi, artinya tingkat penyerapan polusi masih sangat kecil. Hal tersebut karena belum ada hutan mangrove karena bibit mangrove baru ditanam setelah inisiasi Pulau Lumpur. Namun seiring dengan berjalannya waktu, hutan mangrove semakin luas sehingga penyerapan polusi lebih besar. Dengan penyerapan polusi yang lebih besar, maka polusi gas residu yang belum terserap semakin berkurang.

4.5.4 Simulasi Submodel PAD

Submodel PAD ini digunakan untuk mengetahui perekonomian Kabupaten Sidoarjo dari sektor perikanan dan ekowisata. Kontribusi pengelolaan kekayaan daerah berupa perikanan yang dibudidayakan di Pulau Lumpur Sidoarjo berpengaruh terhadap PAD. Sesuai dengan kenaikan pendapatan pada sektor perikanan, dapat terlihat pada grafik bahwa PAD Sidoarjo terus mengalami kenaikan seperti yang ditunjukkan Gambar 4.34.

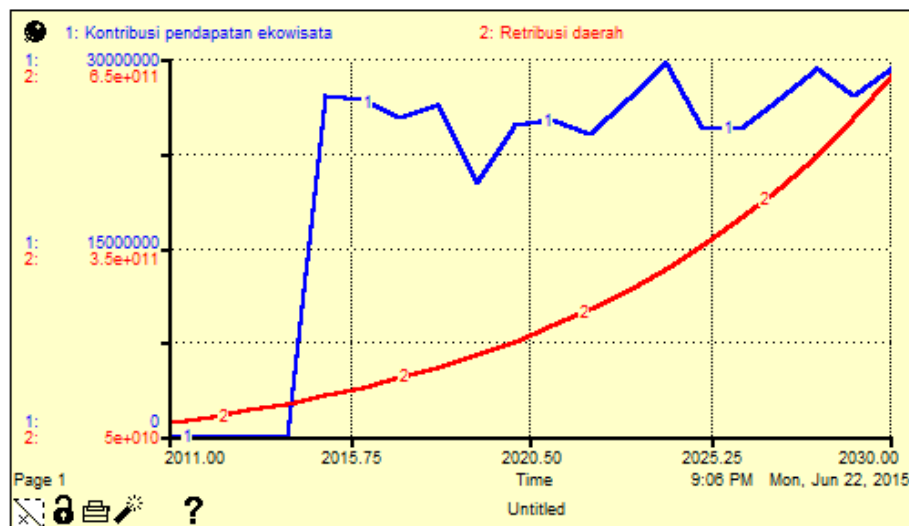


Gambar 4.34 Hubungan Pendapatan Perikanan dan kontribusi pendapatan Ekowisata terhadap PAD

Keterangan:

1. Pendapatan netto perikanan
2. Kontribusi pendapatan ekowisata
3. PAD

Selain itu, peningkatan PAD ini juga berkaitan langsung dengan pendapatan pajak dan retribusi daerah. Obyek ekowisata yang ada di Pulau Lumpur akan memberikan masukan terhadap pajak daerah, sedangkan retribusi daerah berhubungan langsung dengan jumlah wisatawan yang datang.



Gambar 4.35 Hubungan Kontribusi Pendapatan Ekowisata dengan Retribusi Daerah

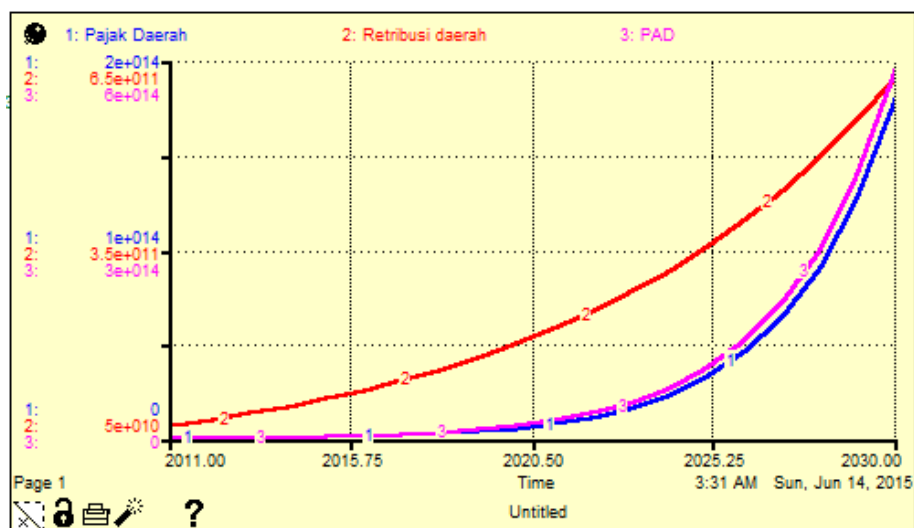
Keterangan:

1. Kontribusi pendapatan ekowisata
2. Retribusi daerah

Berdasarkan Gambar 4.35 dapat dilihat bahwa kontribusi pendapatan ekowisata terhadap retribusi memiliki pola yang fluktuatif namun cenderung meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh fluktuasi pendapatan ekowisata. Meskipun demikian, retribusi daerah akan terus mengalami peningkatan karena tidak menutup kemungkinan banyak dipengaruhi oleh kontribusi dari sektor-sektor pendapatan yang lain.

Keberadaan ekowisata Pulau Lumpur secara langsung akan menyumbang pendapatan daerah Sidarjo. Pendapatan ekowisata akan berkontribusi melalui retribusi yang diberikan. Sedangkan Pulau Lumpur akan memberikan pendapatan daerah melalui pajak. Retribusi daerah dan pajak daerah tersebut merupakan komponen pendapatan yang menyusun PAD. Terlihat pada Gambar 4.36, variabel

retribusi daerah, pajak daerah, dan PAD memiliki pola yang sama karena ketiganya memiliki hubungan yang berbanding lurus.



Gambar 4.36 Hasil Simulasi Submodel PAD

Keterangan:

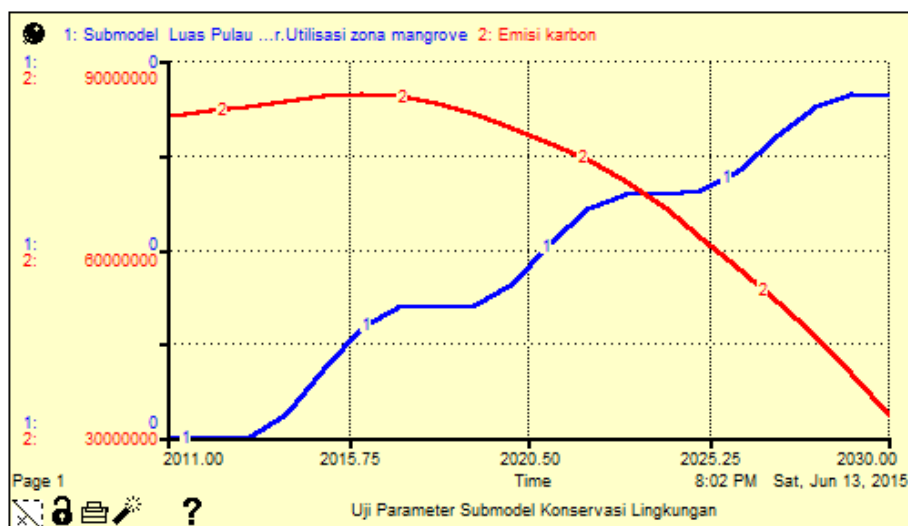
1. Pajak daerah
2. Retribusi daerah
3. PAD

4.5.5 Simulasi Submodel Konservasi Lingkungan

Submodel konservasi lingkungan berisi variabel-variabel penting dari segi keberlanjutan lingkungan dari pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur. Keberlanjutan lingkungan yang dimaksud adalah pendayagunaan hutan mangrove secara kontributif terhadap penyerapan emisi karbon. Emisi karbon merupakan variabel respon yang dipengaruhi oleh utilisasi zona mangrove sebagai variabel kontrolnya.

Gambar 4.37 menunjukkan bahwa emisi karbon mengalami penurunan seiring dengan semakin meningkatnya utilisasi hutan mangrove. Namun, di awal tahun emisi karbon sedikit mengalami kenaikan dari nilai inisialnya. Peningkatan ini disebabkan oleh lebih besarnya peningkatan emisi karbon daripada penurunan emisi karbon. Peningkatan emisi karbon merupakan akibat dari semakin berkembangnya kendaraan bermotor dan industri sebagai penyumbang emisi yang paling dominan. Pada awal tahun, penurunan emisi karbon sangat kecil karena

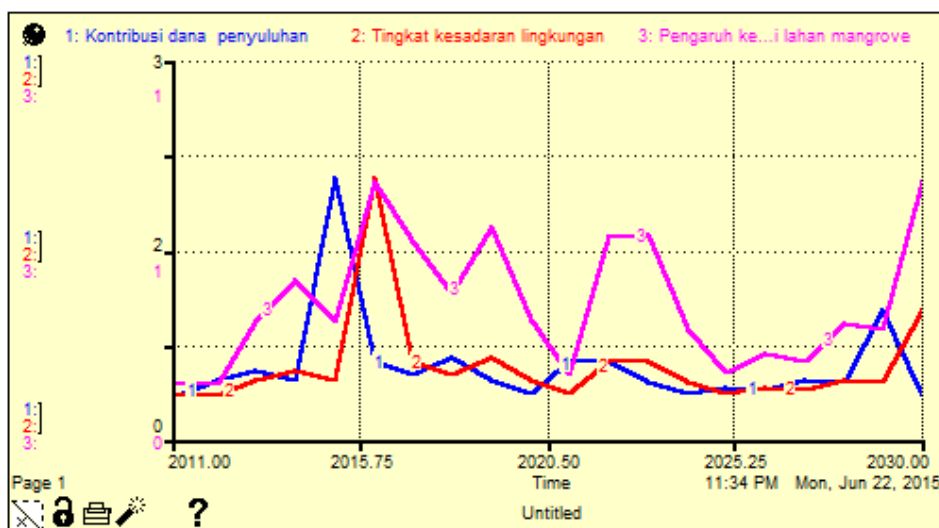
hutan mangrove yang terbentuk belum luas sehingga penyerapan emisi karbon juga belum optimal.



Gambar 4.37 Hasil Simulasi Submodel Konservasi Lingkungan

Keterangan:

1. Utilisasi zona mangrove
2. Emisi karbon



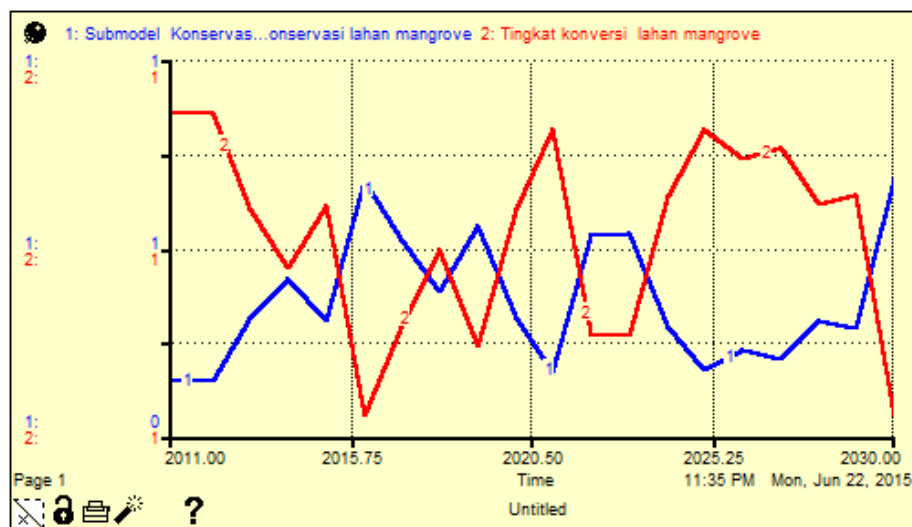
Gambar 4.38 Grafik Informasi Variabel pada Subodel Konservasi Lingkungan

Keterangan:

1. Kontribusi dana penyuluhan
2. Tingkat kesadaran lingkungan
3. Pengaruh kedasaran lingkungan terhadap konservasi lahan mangrove

Sisi konservasi lingkungan diperlihatkan pada Gambar 4.38. Upaya konservasi lingkungan tidak lepas dari kontribusi dana penyuluhan baik itu untuk ekokultur mangrove maupun penyuluhan lingkungan sangat berpengaruh terhadap laju peningkatan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan. Sehingga kontribusi penyuluhan akan memiliki pola yang sama dengan laju peningkatan kesadaran karena memiliki hubungan yang berbanding lurus.

Dengan masyarakat yang semakin sadar akan lingkungan, maka akan berpengaruh positif terhadap potensi konservasi hutan mangrove. Tumbuhnya perilaku masyarakat yang sadar lingkungan, dapat menekan terjadinya perilaku buruk masyarakat terhadap lingkungan. Misalnya saja tingkat konversi lahan mangrove yang dialihkan untuk keperluan individu dapat diturunkan ketika tingkat kesadaran masyarakat tinggi. Pengaruh kesadaran masyarakat dalam konservasi mangrove memiliki hubungan yang negatif terhadap tingkat terjadinya konversi lahan mangrove seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Hubungan Kesadaran Lingkungan terhadap Tingkat Konversi Lahan Mangrove

Keterangan:

1. Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi lahan mangrove
2. Tingkat konversi lahan mangrove

BAB 5

MODEL SKENARIO KEBIJAKAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan skenario kebijakan yang akan dilakukan terhadap model simulasi untuk mengembangkan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo berbasis konsep keberlanjutan lingkungan. Berdasarkan model eksisting yang telah dikembangkan sebelumnya, maka model tersebut akan dijadikan acuan untuk merancang skenario kebijakan. Alternatif skenario kebijakan yang akan diterapkan diambil berdasarkan kondisi-kondisi yang memungkinkan untuk dikontrol oleh *stakeholder* terkait dengan pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo.

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah merancang skenario kebijakan pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur Sidoarjo berbasis konsep keberlanjutan lingkungan yang ditinjau dari kontribusi dan pendayagunaan hutan mangrove terhadap lingkungan yang diukur dalam penyerapan emisi karbon dan pendapatan. Dengan tujuan tersebut, maka skenario yang dirancang berkaitan dengan mengubah parameter-parameter yang dianggap sebagai parameter kunci (*key variable*).

Adapun parameter kunci yang ditetapkan dalam perancangan alternatif skenario kebijakan adalah sebagai berikut:

1. Bibit mangrove
2. Benih ikan yang dibudidayakan untuk wanamina di Pulau Lumpur
3. Institusi yang terlibat kerjasama
4. Fraksi alokasi dana untuk penyuluhan budidaya mangrove

Perancangan skenario pengembangan ekowisata berbasis konsep keberlanjutan lingkungan tersebut berdasarkan perkiraan kondisi yang akan terjadi di masa mendatang. Selain itu, nilai skenario dari nilai variabel yang akan diubah harus mengacu pada kondisi ideal di masa depan.

Dari skenario-skenario yang telah dirancang akan dipilih skenario pengembangan ekowisata Pulau Lumpur yang paling optimal terhadap masing-masing kriteria penilaian skenario, yaitu:

1. Daya dukung lingkungan
2. Pendapatan sektor perikanan
3. Pendapatan sektor ekowisata
4. PAD Kabupaten Sidoarjo
5. Emisi karbon
6. Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi lahan mangrove

5.1 Skenario 1: Penambahan bibit mangrove

Mangrove merupakan salah satu vegetasi yang dibudidayakan di Pulau Lumpur Sidoarjo. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, tumbuhan mangrove ini mempunyai banyak fungsi salah satunya yaitu mengendalikan abrasi dan intrusi air laut. Selain itu, mangrove juga memiliki peran yang cukup penting dalam penyerapan emisi karbon.

Jenis tumbuhan mangrove yang ditanam di Pulau Lumpur Sidoarjo ini adalah *Avicennia alba* dan *Aveninnia marina*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wang et al. (2013), *Avicennia marina* merupakan salah satu jenis mangrove yang mampu melakukan penyerapan karbon sebesar 212,88 ton/hektar.

Berkaitan dengan hal tersebut, skenario kebijakan yang dilakukan adalah dengan penambahan bibit mangrove untuk memanfaatkan alokasi lahan mangrove yang tersedia. Penambahan yang dilakukan yaitu sebanyak 35.000 bibit dari kondisi eksistingnya yang hanya 15.000 bibit. Dengan adanya penambahan bibit mangrove ini, diharapkan akan semakin luas hutan mangrove yang terbentuk di Pulau Lumpur sehingga penyerapan karbon dapat dilakukan secara maksimal serta dapat meningkatkan daya dukung lingkungan.

5.2 Skenario 2: Penambahan benih ikan yang dibudidayakan untuk wanamina di Pulau Lumpur

Budidaya perikanan melalui pertambakan merupakan salah satu mata pencaharian penduduk Sidoarjo. Selain itu, perikanan juga merupakan salah satu sektor sebagai penghasil kekayaan daerah Sidoarjo yang berkontribusi terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD) Sidoarjo.

Konsep yang terus dikembangkan di Pulau Lumpur Sidoarjo adalah wanamina. Dalam wanamina, budidaya perikanan melalui tambak merupakan inti dari kegiatan ini selain budidaya mangrove. Skenario yang dilakukan adalah dengan penambahan benih ikan khususnya adalah benih ikan bandeng untuk memaksimalkan potensi perikanan yang ada di Pulau Lumpur. Benih ikan yang ditebar pada kondisi eksisting adalah sebanyak 5.000 benih. Alokasi lahan tambak pada kondisi eksisting adalah seluas 10.000 m². Benih ikan bandeng yang dapat ditebar untuk luas area per 1m² adalah sebanyak 2 benih. Dengan mempertimbangkan kondisi tersebut, skenario penambahan benih ini yaitu sebanyak 20.000 benih mengingat alokasi lahan untuk pertambakan yang tersedia masih cukup luas.

Dengan adanya penambahan benih ikan, potensi hasil perikanan akan bertambah sehingga akan menambah penghasilan pada sektor perikanan dan berkontribusi terhadap PAD.

5.3 Skenario 3: Penambahan institusi yang terlibat kerjasama

Kerjasama institusi merupakan parameter penting yang mempengaruhi tingkat kerjasama dalam mengembangkan Pulau Lumpur Sidoarjo. Banyaknya institusi yang dimaksud adalah institusi pemerintah yang terlibat dalam menjalin kerjasama. Hal ini tentunya akan menentukan seberapa tingkat kerja sama yang dilakukan karena menyangkut besarnya dana yang dialokasikan untuk pengembangan ekowisata Pulau Lumpur. Alokasi dana ini akan mempengaruhi besarnya tingkat promosi yang dilakukan. Semakin besar dana yang dialokasikan, maka tingkat promosi ekowisata akan meningkat. Masyarakat akan lebih tahu mengenai keberadaan ekowisata sehingga akan menarik minat wisatawan untuk berkunjung dan tentunya akan berpengaruh positif terhadap pendapatan ekowisata serta kontribusi PAD Kabupaten Sidoarjo.

Skenario kebijakan yang dilakukan adalah dengan meningkatkan fraksi kerjasama institusi, terutama banyaknya institusi yang terlibat dalam mendukung pengembangan ekowisata Pulau Lumpur. Banyaknya institusi yang tergabung dalam kerjasama sejumlah 4 instansi pada kondisi eksisting menjadi 10 instansi

dengan asumsi ada lembaga baru yang turut berpartisipasi dalam mendukung program ekowisata tersebut.

5.4 Skenario 4: Peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove

Penyuluhan lingkungan merupakan upaya yang dilakukan pemerintah setempat untuk membuat masyarakat sekitar menjadi sadar akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan hidup. Pulau Lumpur merupakan salah satu dampak secara tidak langsung akibat adanya bencana luapan lumpur Sidoarjo. Mengingat hal tersebut, dengan terbentuknya Pulau Lumpur yang nantinya akan dikembangkan menjadi ekowisata, selain dapat menjadi wahana rekreasi juga diharapkan bisa menjadi wahana untuk edukasi dan konservasi terhadap lingkungan bagi masyarakat.

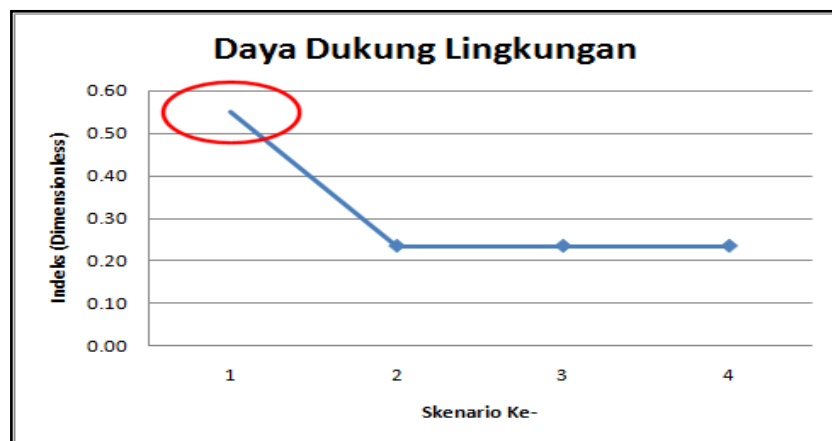
Skenario kebijakan ini dilakukan atas dasar tingkat kesadaran masyarakat sekitar Pulau Lumpur akan lingkungan yang masih fluktuatif pada kondisi eksisting. Skenario ini dilakukan dengan meningkatkan fraksi alokasi dana untuk penyuluhan budidaya mangrove menjadi 0,5 dari 0,4 pada kondisi eksistingnya. Dengan alokasi dana penyuluhan yang lebih besar, maka intensitas penyuluhan yang dilakukan akan meningkat. Dengan penyuluhan yang semakin intensif, maka tingkat kesadaran masyarakat terhadap perilaku konservasi lingkungan khususnya mangrove akan semakin tinggi, sehingga dapat menekan potensi terjadinya konversi lahan untuk keperluan individual yang dapat merusak lingkungan.

Berdasarkan simulasi keempat skenario yang telah sebelumnya, maka dapat dilihat besarnya dampak terhadap parameter penilaian terhadap daya dukung lingkungan, pendapatan sektor perikanan, pendapatan ekowisata, PAD, emisi karbon, dan pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove yang ditampilkan pada Tabel 5.1.

Table 5.1 Hasil Simulasi Keempat Skenario

Parameter Penilaian	Eksisting	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
Daya Dukung Lingkungan	0.24	0.55	0.24	0.24	0.24
Pendapatan Sektor Perikanan (Juta Rupiah)	1,856.21	6,048.53	9,785.44	2,234.26	2,082.18
Pendapatan Sektor Ekowisata (Juta Rupiah)	419.78	419.78	419.78	462.57	419.78
PAD (Juta Rupiah)	103,373,305.71	103,380,773.93	103,407,258.76	103,375,520.98	103,374,516.79
Emisi Karbon (KgC)	70,216,502.37	51,393,503.06	70,220,673.24	70,236,110.94	70,223,679.07
Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove	0.54	0.54	0.54	0.54	0.56

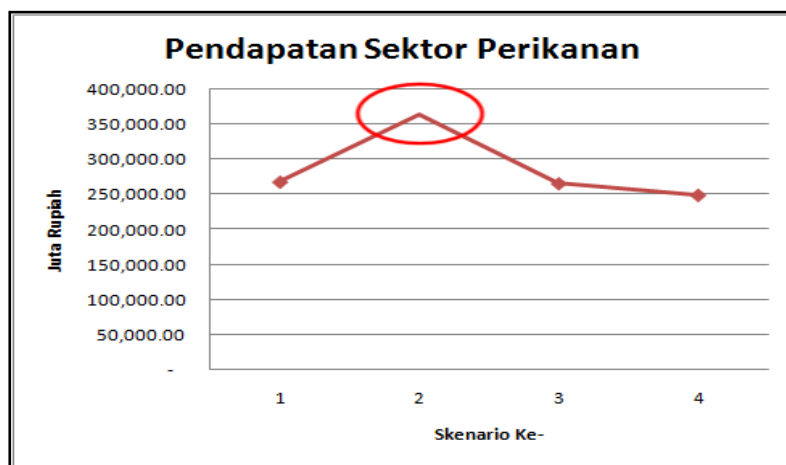
Berdasarkan Tabel 5.1 dapat dilihat pola hasil simulasi dari keempat skenario yang telah dijelaskan sebelumnya. Agar lebih mudah untuk mengetahui skenario mana yang berkontribusi secara signifikan terhadap parameter penilaian, berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan klasifikasi kontribusi empat skenario yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.6.



Gambar 5.1 Hasil Skenario Terhadap Daya Dukung Lingkungan

Berdasarkan Gambar 5.1 dapat dilihat skenario yang berpengaruh terhadap variabel respon daya dukung lingkungan. Adapun skenario yang signifikan pengaruhnya terhadap variabel respon adalah sebagai berikut:

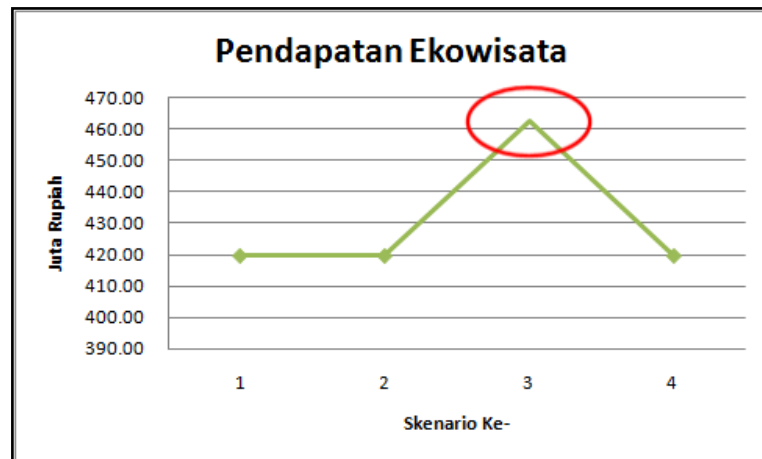
1. Skenario 1 (penambahan bibit mangrove)
2. Skenario 2 (penambahan benih ikan)
3. Skenario 3 (peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove)
4. Skenario 4 (penambahan institusi yang terlibat kerjasama)



Gambar 5.2 Hasil Skenario Terhadap Pendapatan Sektor Perikanan

Berdasarkan Gambar 5.2 dapat dilihat skenario yang berpengaruh terhadap variabel respon pendapatan sektor perikanan. Adapun skenario yang signifikan pengaruhnya terhadap variabel respon adalah sebagai berikut:

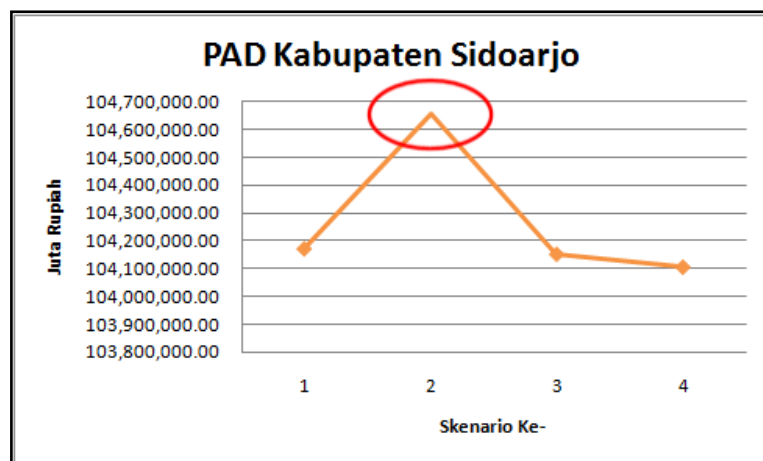
1. Skenario 2 (penambahan benih ikan)
2. Skenario 1 (penambahan bibit mangrove)
3. Skenario 4 (peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove)
4. Skenario 3 (penambahan institusi yang terlibat kerjasama)



Gambar 5.3 Hasil Skenario Terhadap Pendapatan Ekowisata

Berdasarkan Gambar 5.3 dapat diketahui skenario yang berpengaruh terhadap variabel respon pendapatan ekowisata. Adapun skenario yang signifikan pengaruhnya terhadap variabel respon adalah sebagai berikut:

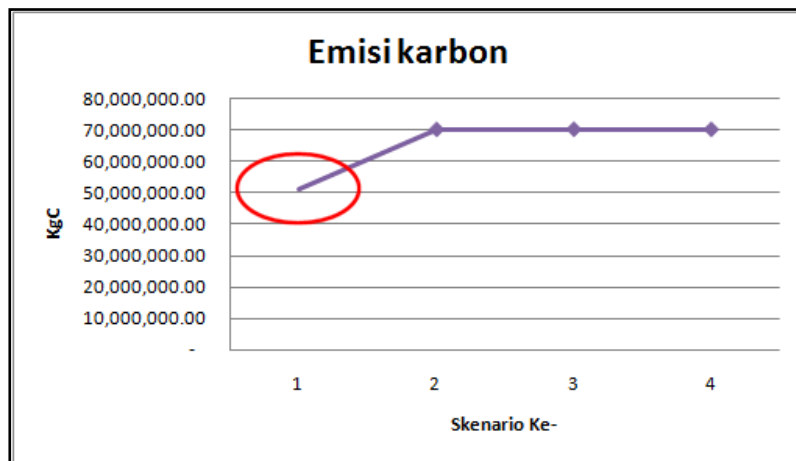
1. Skenario 3 (penambahan institusi yang terlibat kerjasama)
2. Skenario 4 (peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove)
3. Skenario 2 (penambahan benih ikan)
4. Skenario 1 (penambahan bibit mangrove)



Gambar 5.4 Hasil Skenario Terhadap PAD Kabupaten Sidoarjo

Berdasarkan Gambar 5.4 dapat diketahui skenario yang berpengaruh terhadap variabel respon PAD Kabupaten Sidoarjo. Adapun skenario yang signifikan pengaruhnya terhadap variabel respon adalah sebagai berikut:

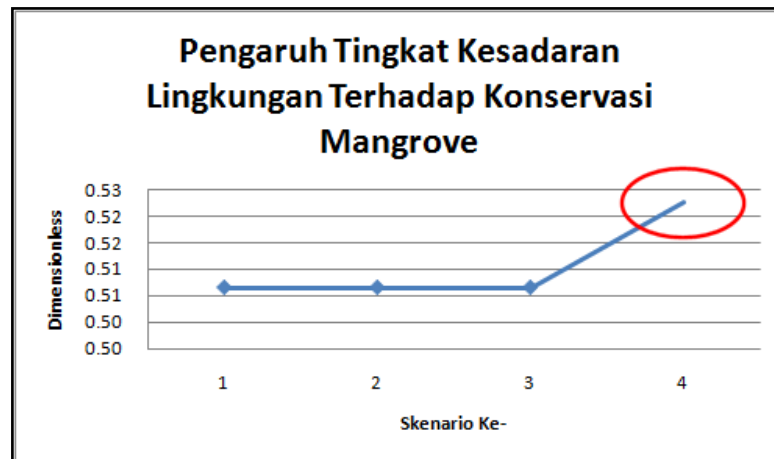
1. Skenario 2 (penambahan benih ikan)
2. Skenario 1 (penambahan bibit mangrove)
3. Skenario 3 (penambahan institusi yang terlibat kerjasama)
4. Skenario 4 (peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove)



Gambar 5.5 Hasil Skenario Terhadap Emisi Karbon

Berdasarkan Gambar 5.5 dapat diketahui skenario yang berpengaruh terhadap variabel respon Emisi Karbon. Adapun skenario yang signifikan pengaruhnya terhadap variabel respon adalah sebagai berikut:

1. Skenario 1 (penambahan bibit mangrove)
2. Skenario 2 (penambahan benih ikan)
3. Skenario 4 (peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove)
4. Skenario 3 (penambahan institusi yang terlibat kerjasama)



Gambar 5.6 Hasil Skenario Terhadap Pengaruh Tingkat Kesadaran Lingkungan Terhadap Konservasi Mangrove

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat diketahui skenario yang berpengaruh terhadap variabel respon pengaruh tingkat kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove. Adapun skenario yang signifikan pengaruhnya terhadap variabel respon adalah sebagai berikut:

1. Skenario 4 (peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove)
2. Skenario 3 (penambahan institusi yang terlibat kerjasama)
3. Skenario 1 (penambahan bibit mangrove)
4. Skenario 2 (penambahan benih ikan)

5.5 Kombinasi Skenario

Dari masing-masing kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya dilakukan kombinasi yang mungkin terjadi antara skenario. Kombinasi-kombinasi tersebut disusun untuk memperoleh output yang berpengaruh terhadap variabel respon daya dukung lingkungan, pendapatan sektor perikanan, pendapatan ekowisata, PAD, emisi karbon, dan pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove.

Dari empat skenario yang telah dirancang, didapatkan sebelas kombinasi skenario seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Kombinasi Skenario Kebijakan

No.	Jenis Kombinasi	Skenario Ke-			
		1	2	3	4
1.	Kombinasi A	√	√		
2.	Kombinasi B	√		√	
3.	Kombinasi C	√			√
4.	Kombinasi D		√	√	
5.	Kombinasi E		√		√
6.	Kombinasi F			√	√
7.	Kombinasi G	√	√	√	
8.	Kombinasi H	√	√		√
9.	Kombinasi I	√		√	√
10.	Kombinasi J		√	√	√
11.	Kombinasi K	√	√	√	√

Hasil dari kombinasi masing-masing skenario terhadap kondisi eksisting ditunjukkan pada Tabel 5.2 sampai dengan Tabel 5.5.

Tabel 5.2 Hasil Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kombinasi Skenario A, B, C

Parameter Penilaian	Eksisting	Kombinasi A	Kombinasi B	Kombinasi C
Daya Dukung Lingkungan	0.24	133.83%	133.83%	133.83%
Pendapatan Sektor Perikanan (Juta Rupiah)	1,856.21	1127.99%	183.38%	156.10%
Pendapatan Ekowisata (Juta Rupiah)	419.78	0.00%	10.19%	0.00%
PAD (Juta Rupiah)	103,373,305.71	0.05%	0.00%	0.00%
Emisi Karbon (KgC)	70,216,502.37	-26.80%	-26.79%	-26.81%
Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove	0.54	0.00%	0.00%	4.39%

Tabel 5.3 Hasil Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kombinasi Skenario D, E, F

Parameter Penilaian	Eksisting	Kombinasi D	Kombinasi E	Kombinasi F
Daya Dukung Lingkungan	0.24	0.00%	0.00%	0.00%
Pendapatan Sektor Perikanan (Juta Rupiah)	1,856.21	250.12%	331.64%	22.93%
Pendapatan Ekowisata (Juta Rupiah)	419.78	10.19%	10.19%	0.00%
PAD (Juta Rupiah)	103,373,305.71	0.02%	0.03%	0.00%
Emisi Karbon (KgC)	70,216,502.37	0.02%	0.03%	0.00%
Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove	0.54	0.00%	4.39%	4.39%

Tabel 5.4 Hasil Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kombinasi Skenario G, H, I

Parameter Penilaian	Eksisting	Kombinasi G	Kombinasi H	Kombinasi I
Daya Dukung Lingkungan	0.24	133.83%	133.83%	133.83%
Pendapatan Sektor Perikanan (Juta Rupiah)	1,856.21	1049.17%	908.88%	202.95%
Pendapatan Ekowisata (Juta Rupiah)	419.78	10.19%	0.00%	10.19%
PAD (Juta Rupiah)	103,373,305.71	0.04%	0.04%	0.01%
Emisi Karbon (KgC)	70,216,502.37	-26.79%	-26.81%	-26.79%
Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove	0.54	0.00%	4.39%	4.39%

Tabel 5.5 Hasil Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Kombinasi Skenario J, K

Parameter Penilaian	Eksisting	Kombinasi J	Kombinasi K
Daya Dukung Lingkungan	0.24	0.00%	133.83%
Pendapatan Sektor Perikanan (Juta Rupiah)	1,856.21	316.89%	1021.30%
Pendapatan Ekowisata (Juta Rupiah)	419.78	10.19%	10.19%
PAD (Juta Rupiah)	103,373,305.71	0.02%	0.05%
Emisi Karbon (KgC)	70,216,502.37	0.02%	-26.79%
Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove	0.54	4.39%	4.39%

5.6 Pemilihan Kombinasi Skenario Berdasarkan Kriteria Penilaian Skenario

Berdasarkan perbandingan hasil kombinasi skenario dengan hasil simulasi kondisi eksisting, maka dipilih beberapa kombinasi skenario yang menghasilkan kontribusi peningkatan terhadap parameter penilaian atau variabel respon. Adapun kriteria penilaian kombinasi skenario didasarkan pada prosentase peningkatan terhadap kondisi eksisting. Berikut ini merupakan kombinasi skenario yang menghasilkan peningkatan terhadap kondisi eksisting pada masing-masing parameter penilaian yang ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Kombinasi Skenario dengan Peningkatan Terhadap Kondisi Eksisting

No	Parameter Penilaian	Kombinasi dengan Peningkatan Terhadap Eksisting
1	Daya Dukung Lingkungan	A,B,C,G,H,I,K
2	Pendapatan Sektor Perikanan (Juta Rupiah)	A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K
3	Pendapatan Ekowisata (Juta Rupiah)	B,D,E,G,I,J,K
4	PAD (Juta Rupiah)	A,D,E,G,H,I,J,K
5	Emisi Karbon (KgC)	A,B,C,G,H,I,K

Tabel 5.6 Kombinasi Skenario dengan Peningkatan Terhadap Kondisi Eksisting (lanjutan)

No	Parameter Penilaian	Kombinasi dengan Peningkatan terhadap Eksisting
6	Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove	C,E,F,H,I,J,K

Berdasarkan Tabel 5.6 maka dibuat rekapitulasi kombinasi yang memberikan peningkatan terhadap kondisi eksisting terhadap parameter penilaian seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Pengaruh Kombinasi Skenario terhadap Parameter Penilaian

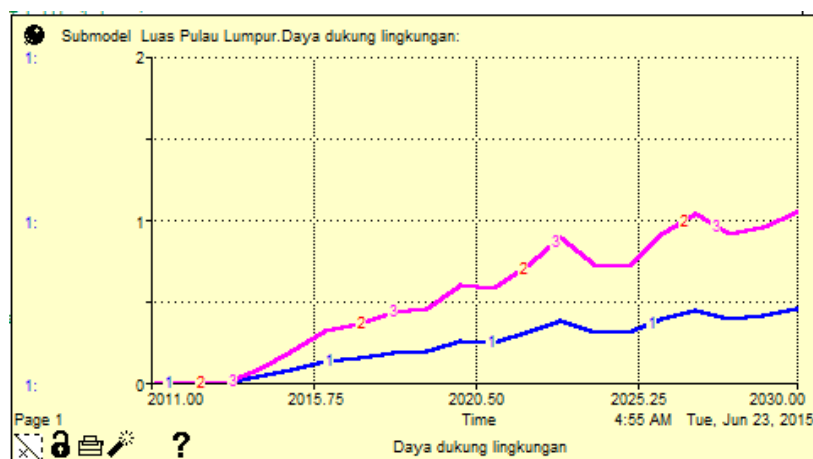
Kombinasi Skenario	Parameter Penilaian yang Dipengaruhi
Kombinasi A	1,2,3,4
Kombinasi B	1,2,3,5
Kombinasi C	1,2,4,6
Kombinasi D	2,3,4
Kombinasi E	2,3,4,6
Kombinasi F	2,6
Kombinasi G	1,2,3,4,5
Kombinasi H	1,2,4,5,6
Kombinasi I	1,2,3,4,5,6
Kombinasi J	2,3,4,6
Kombinasi K	1,2,3,4,5,6

Untuk pemilihan kombinasi skenario, maka diutamakan bahwa kombinasi skenario yang dianggap memberikan hasil optimal adalah yang mempengaruhi enam parameter penilaian yang telah ditetapkan. Dari hasil rekapitulasi yang ditunjukkan oleh Tabel 5.7, maka skenario yang dapat diutamakan adalah kombinasi I dan kombinasi K. Perbandingan rata-rata output hasil skenario kombinasi I dan kombinasi K terhadap kondisi eksisting dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Perbandingan Rata-rata Output Hasil Simulasi Skenario Kombinasi I, dan Kombinasi K terhadap Kondidi Eksisting

Parameter Penilaian	Eksisting	Kombinasi I	Kombinasi K
Daya Dukung Lingkungan	0.24	133.83%	133.83%
Pendapatan Sektor Perikanan (Juta Rupiah)	1,856.21	202.95%	1021.30%
Pendapatan Ekowisata (Juta Rupiah)	419.78	10.19%	10.19%
PAD (Juta Rupiah)	103,373,305.71	0.01%	0.05%
Emisi Karbon (KgC)	70,216,502.37	-26.79%	-26.79%
Pengaruh kesadaran lingkungan terhadap konservasi mangrove	0.54	4.39%	4.39%

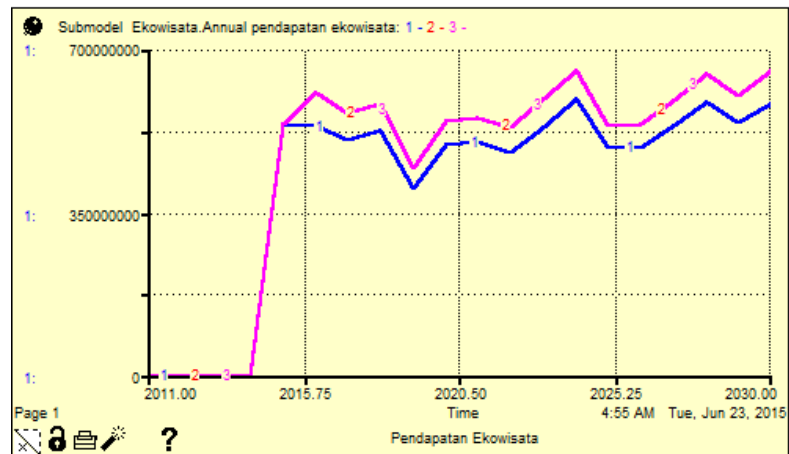
Berdasarkan Tabel 5.8 dapat dilihat pola hasil simulasi dari skenario kombinasi terpilih yang telah dijelaskan sebelumnya. Agar lebih mudah untuk mengetahui skenario mana yang berkontribusi secara signifikan terhadap parameter penilaian, berikut ini merupakan grafik yang menunjukkan kontribusi kombinasi skenario yang ditunjukkan pada Gambar 5.7.



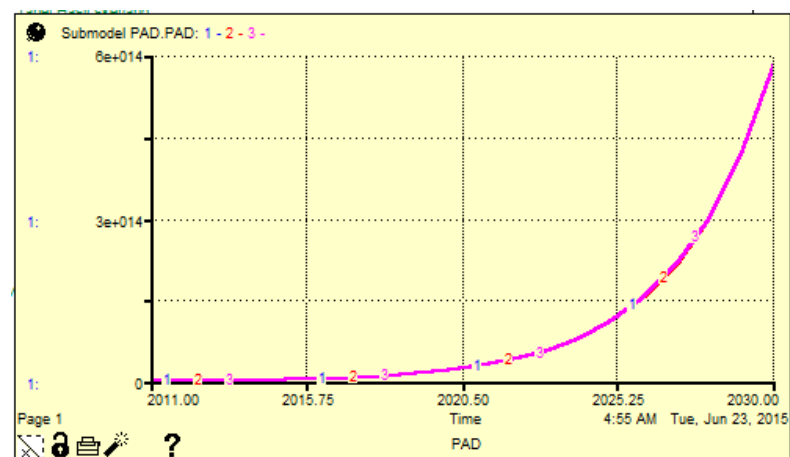
(a) Daya Dukung Lingkungan



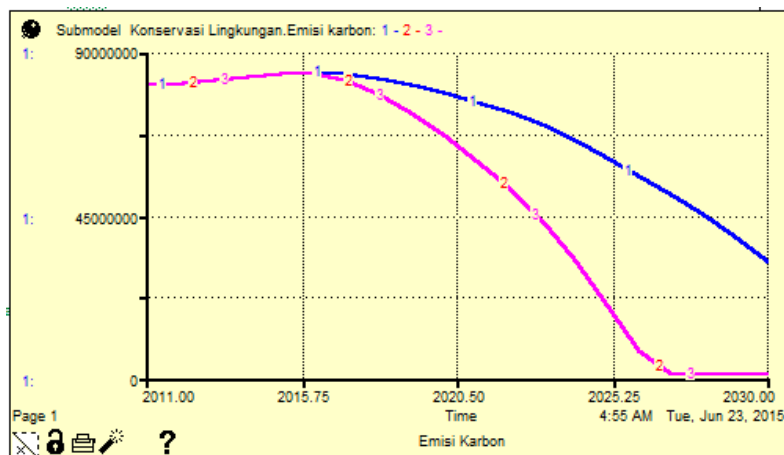
(b) Pendapatan Sektor Perikanan



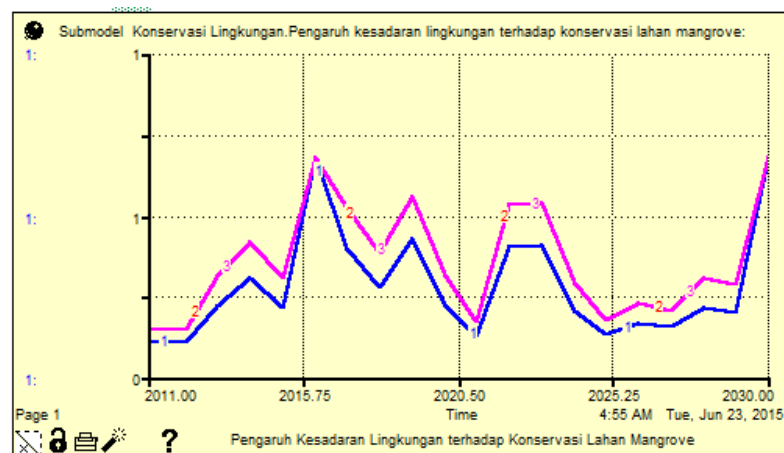
(c) Pendapatan Ekowisata



(d) PAD



(e) Emisi Karbon



(f) Pengaruh Kesadaran Lingkungan

Gambar 5.7 Kontribusi Kombinasi I dan Kombinasi K terhadap Kondisi Eksisting

Keterangan:

1. Eksisting
2. Kombinasi I
3. Kombinasi K

Berdasarkan Gambar 5.7 dapat dilihat bahwa kombinasi I dan kombinasi K memberikan kontribusi peningkatan terhadap kondisi eksisting pada masing-masing parameter penilaian. Pada parameter daya dukung lingkungan (a), pendapatan ekowisata (c), emisi karbon (e), parameter pengaruh kesadaran lingkungan (f), kombinasi I dan kombinasi K memiliki pola yang berhimpit karena kedua kombinasi tersebut memberikan nilai peningkatan yang sama terhadap kondisi eksisting. Sedangkan pada parameter pendapatan sektor perikanan (b), kombinasi K memberikan peningkatan yang lebih tinggi daripada

kombinasi I, hal ini karena pada kombinasi K terjadi penambahan benih ikan sedangkan kombinasi I tidak. Dengan penambahan benih ikan tersebut secara langsung akan berpengaruh positif terhadap produksi wanamina sehingga pendapatan sektor perikanan dapat meningkat secara signifikan. Untuk parameter PAD (d), terlihat bahwa kedua kombinasi tidak memberikan peningkatan yang tinggi terhadap kondisi eksisting. Hal ini karena komposisi pendapatan PAD tidak hanya dari Pulau Lumpur saja tetapi juga dari sektor-sektor pendapatan yang lain, sehingga kontribusi pendapatan dari Pulau Lumpur tidak terlihat signifikan. Selain kombinasi I dan kombinasi K, tidak menutup kemungkinan jika direkomendasikan kombinasi kebijakan yang lain berdasarkan preferensi pembuat kebijakan.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada *stock flow diagram* dibuat lima submodel sebagai representasi model konseptual yang telah dibuat, antara lain submodel luas pulau lumpur, submodel wanamina, submodel ekowisata, submodel PAD, dan submodel konservasi lingkungan.
2. Berdasarkan hasil simulasi, telah disusun skenario kebijakan yang diambil dari empat variabel kunci yang menjadi faktor penting dan telah dipertimbangkan pengaruhnya terhadap variabel respon. Skenario kebijakan tersebut antara lain: 1) penambahan bibit mangrove dari 15.000 bibit menjadi 35.000 bibit, 2) penambahan benih ikan dari 5.000 menjadi 20.000 benih, 3) penambahan intitusi yang terlibat kerjasama dari 4 menjadi 10 instansi, 4) peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove dari 0.4 menjadi 0.5.
3. Hasil simulasi dari tiap-tiap skenario menunjukkan dampaknya secara positif terhadap aspek keberlanjutan lingkungan ditinjau dari parameter penilaian daya dukung lingkungan, pendapatan sektor perikanan, pendapatan ekowisata, PAD, emisi karbon, serta pengaruh kesadaran masyarakat terhadap konservasi mangrove meskipun tidak secara eksponensial dalam selang waktu simulasi 20 tahun mendatang. Hal ini karena banyak faktor eksternal yang mempengaruhi pengembangan ekowisata selalu dinamis.
4. Skenario 1 (penambahan bibit mangrove) menjadi skenario yang paling berpengaruh terhadap daya dukung lingkungan serta penurunan emisi karbon. Karena mangrove tersebut sangat berperan dalam penyerapan emisi karbon di daerah amatan serta dapat menetralsisir polusi dan racun sehingga dapat meningkatkan daya dukung lingkungan.

5. Skenario 2 (penambahan benih ikan) menjadi skenario yang paling berpengaruh terhadap peningkatan pendapatan sektor perikanan serta PAD. Budidaya perikanan bandeng melalui konsep wanamina yang dikembangkan di Pulau Lumpur. Dengan penambahan benih ikan, maka dapat meningkatkan produksi wanamina sehingga secara langsung akan berdampak positif terhadap pendapatan sektor perikanan dan PAD.
6. Skenario 3 (penambahan institusi yang terlibat kerjasama) menjadi skenario yang paling berpengaruh terhadap pendapatan ekowisata. Hal ini akan menentukan besarnya dana yang dialokasikan untuk pengembangan ekowisata di Pulau Lumpur. Alokasi dana ini akan mempengaruhi besarnya tingkat promosi untuk menarik minat wisatawan, sehingga akan berpengaruh positif terhadap pendapatan ekowisata.
7. Skenario 4 (peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove) menjadi skenario yang paling berpengaruh terhadap pengaruh kesadaran masyarakat terhadap konservasi mangrove, karena berkaitan dengan intensitas penyuluhan. Dengan alokasi dana penyuluhan yang lebih besar, maka penyuluhan yang dilakukan akan lebih insentif sehingga masyarakat lebih sadar lingkungan khususnya dalam konservasi lahan mangrove.
8. Mengingat keempat skenario mempunyai *tradeoff* terhadap parameter penilaian, untuk menunjukkan signifikansi terhadap semua parameter penilaian maka dibentuk kombinasi yang mungkin terjadi antar skenario dan didapatkan sebelas kombinasi skenario.
9. Dari sebelas kombinasi skenario, maka diutamakan kombinasi skenario yang memberikan peningkatan terhadap kondisi eksisting pada semua parameter penilaian yaitu kombinasi I dan kombinasi K. Kombinasi I merupakan kombinasi skenario penambahan bibit mangrove, penambahan institusi yang terlibat kerjasama, dan peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove. Sedangkan kombinasi K merupakan kombinasi skenario penambahan bibit mangrove, penambahan benih ikan, penambahan institusi yang terlibat kerjasama, dan peningkatan fraksi alokasi dana penyuluhan budidaya mangrove.

10. Kombinasi I dan kombinasi K memberikan peningkatan yang sama terhadap kondisi eksisting pada parameter daya dukung lingkungan, pendapatan ekowisata, emisi karbon, dan pengaruh kesadaran lingkungan. Pada parameter pendapatan sektor perikanan dan PAD, kombinasi K memberikan peningkatan yang lebih besar daripada kombinasi I.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan beberapa saran yang dapat diberikan sebagai rekomendasi untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

1. Pemodelan yang dikembangkan dalam penelitian ini berfokus pada kebijakan pengembangan ekowisata berbasis konsep keberlanjutan lingkungan. Aspek keberlanjutan lingkungan yang dijadikan parameter adalah daya dukung lingkungan, pendapatan sektor perikanan, pendapatan ekowisata, PAD, emisi karbon, dan pengaruh kesadaran masyarakat terhadap konservasi mangrove. Sehingga masih banyak sisi keberlanjutan lingkungan lain yang dapat dijadikan parameter penilaian untuk skenario kebijakan termasuk kombinasi skenario.
2. Perlu penelitian lebih lanjut yang mengakomodasi biaya investasi secara aktual untuk pengembangan Pulau Lumpur, baik untuk ekowisata maupun sebagai pusat studi konservasi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., 2013. The Disengagement of The Tourism Businesses in Ecotourism and Environmental Practices in Brunei Darussalam. *Jurnal Universiti Brunei Darussalam, Brunei Darussalam. Tourism Management Perspective*, pp.Vol. 10,1-6.
- Badan Pusat Statistik, 2013. *Sidoarjo Dalam Angka 2013*. Sidoarjo: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo.
- Badan Pusat Statistik, 2014. *Sidoarjo Dalam Angka 2014*. Sidoarjo: Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo.
- Bahar, A., 2004. *Kajian Kesesuaian dan Daya Dukung Ekosistem Mangrove untuk Pengembangan Ekowisata di Gugus Pulau Tanakeke Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan*. Tesis.Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Balai Riset dan Observasi Kelautan, 2009. Perkembangan Hutan Mangrove di Muara Kali Porong 2003-2009. *Kajian Sebaran Lumpur dan Perubahan Dasar Perairan Akibat Semburan Lumpur Sidoarjo*, pp.1-7.
- Barlas, Y., 1996. Format Aspect of Model Validity and Validation in Syatem Dynamics. *System Dynamic Review*, pp.pp. 12 (3), 183-210.
- Bassi, A.M., 2011. *Introduction to The Threshold 21 (T21) Model for Green Development*. Millenium Institute.
- Bengen, D.G., 2002. *Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- BPLS, 2009. *Semburan Lumpur Panas Sidoarjo*. [Online] Available at: <http://bpls.go.id/penanggulangan-lumpur> [Accessed 10 Februari 2015].
- BPLS, 2011. *Rencana Pengembangan Wanamina di Lokasi Sumburan Spoilbank*. [Online] Available at: <http://bpls.go.id/berita-bpls/285-rencana-pengembangan-wanamina-di-lokasi-spoilbank> [Accessed 27 November 2014].
- BPLS, 2013. *Progres Penanggulangan Lumpur Sidoarjo*. Surabaya: BPLS.

- BPLS, 2014. *Kegiatan Penanganan Endapan di Muara Kali Porong*. [Online] Available at: <http://bpls.go.id/pengamanan-luapan-lumpur/pengamanan-muara/kegiatan> [Accessed 10 Februari 2015].
- BPLS, 2014. *Pengaliran Lumpur ke Laut Melalui Kali Porong*. [Online] Available at: <http://bpls.go.id/penanganan-luapan-ke-kali-porong/461-pengaliran-lumpur-ke-kali-porong-lama> [Accessed 6 November 2014].
- Coyle, G., 1999. *Quantitative Modelling in System Dynamics Society*. Willington.
- Datta, D., R.N., C. & P.Guha, 2012. Community Based Mangrove Management : A Review On Status and Sustainability. *Journal of Environmental Management*, pp.Vol.107, 84-95.
- Dewan Kelautan Indonesia, 2014. *Lautan Indonesia Mampu Serap Karbon 138 Juta Ton*. [Online] Available at: <http://www.dekin.kkp.go.id/?q=news&id=20140516100737652111825479227149040070118656> [Accessed 23 February 2015].
- DPRD Kabupaten Sidoarjo, 2014. *BPLS Terus Kembangkan Pulau Tanjung Lumpur*. [Online] Available at: <http://dprd-sidoarjo.kab.go.id/bpls-terus-kembangkan-pulau-tanjung-lumpur.html> [Accessed 8 Oktober 2014].
- Fahmi, M.Y., 2011. *Model Pengembangan Geo-Eco Tourism Pulau Lumpur di Kabupaten Sidoarjo (Sebuah Pendekatan System Dynamics)*. Surabaya: Jurusan Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Hanley, R., Mamonto, D. & Broadhead, J., n.d. *Petunjuk Rehabilitasi Hutan Pantai Untuk Wilayah Provinsi Aceh dan Sumatera Utara*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific.
- Harnanto, A., 2011. *Peranan Kali Porong dalam Mengalirkan Lumpur Sidoarjo ke Laut*. Surabaya: BPLS-Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo.
- Indiana, D., 2014. *Skenario Kebijakan Penentuan Upah Minimum Regional (UMR) dan Dampaknya Terhadap Industri Padat Karya di Kota Surabaya*. Surabaya: Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Indonesia, P.R., 2009. *UU Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Indonesia: Pemerintah Republik Indonesia.
- ITTO, 2002. ITTO Mangrove Workplan 2002-2006. Yokohama, Japan, 2002. International Tropical Timber Organization.
- Kelompok Kerja Mangrove Tingkat Nasional, 2013. *Strategi Nasional Pengelolaan Ekosistem Mangrove Indonesia*. Jakarta: Kementerian Kehutanan Republik Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2014. *Program Rantai Emas*. [Online] Available at: <http://www.menlh.go.id/program-rantai-emas-klh-bersama-memulihkan-eksosistem-mangrove/> [Accessed 2014 November 24].
- Lindberg, K. & Hawkins, D.E.(.), 2003. *Ecotourism: A guide for planners and*. North Bennington, Vermont: The Ecotourism Society.
- Maftuhah, D.I., 2013. *Analisis Kebijakan Budidaya Mangrove Berbasis Komunitas di Kawasan Terdampak Lumpur Sidoarjo Dengan Memanfaatkan Konsep Green Economy*. Tesis. Surabaya: Program Magister Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Muhaerin, N., 2008. *Kajian Sumberdaya Ekosistem Mangrove Untuk Pengelolaan Ekowisata di Estuari Perancak, Jembrana, Bali*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Muhammadi, Aminullah, E. & Soesilo, B., 2001. *Analisis Sistem Dinamis*. Jakarta: UMJ Press.
- Naamin, N., 1991. *Penggunaan Lahan Mangrove Untuk Budidaya Tambak Keuntungan dan Kerugiannya*. Dalam Subagjo Soemodihardo et al. Proseding Seminar IV Ekosistem Mangrove. Panitia Nasional Pangan MAB Indonesia LIPI.
- Ningsih, S.S., 2008. *Inventarisasi Hutan Mangrove Sebagai Bagian dari Upaya Pengelolaan Wilayah Pesisir Kabupaten Deli Serdang*. Medan: Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Nurlinda, I., 2012. Konsep Ekonomi Hijau (Green Economic) dalam Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam di Indonesia untuk Mendukung

- Pembangunan Berkelanjutan. *Artikel pada Jurnal Legal Review*, pp.Vol. 3, No. 1.
- Pariyono, 2006. *Kajian Potensi Kawasan Mangrove dalam Kaitannya dengan Pengelolaan Wilayah Pantai di Desa Panggung, Bulakbaru, Tanggultare, Kabupaten Jepara*. Semarang: Program Pascasarjana Magister Manajemen Sumber Daya Pantai, Universitas Diponegoro.
- Permenhut, 2011. *Tentang Penanaman Bagi Pemegang Izin Pinjam Kawasan Hutan dalam Rangka Rehabilitasi Daerah aliran Sungai*. Jakarta: Kementerian Kehutanan Republik Indonesia.
- Poedjiraharjoe, 1996. Peran Perakaran *Rhizophora mucronata* dalam Perbaikan Habitat Mangrove di Kawasan Rehabilitasi Mangrove Pantai Pemalang. *Buletin Kehutanan No. 30 Fakultas Kehutanan*.
- Pramudji, 2001. Upaya Pengelolaan Rehabilitasi dan Konservasi Pada Lahan Mangrove yang Kritis Kondisinya. *Oseana*, pp.Vol. XXVI, No.2, 1-8.
- Sterman, J.D., 2004. *Business Dynamic, System Thinking and Modelling for a Complex World*. Boston: Irwin Mc. Graw Hill.
- Suning, 2012. Dampak Lumpur Lapindo Terhadap Kualitas Lingkungan Pesisir Sidoarjo dalam Rangka Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Teknik Waktu*, pp.Vol.10, No. 2, 45-53.
- Sunoto, 2013. Menuju Pembangunan Kelautan dan Perikanan Berkelanjutan dengan konsep Blue Economy. Yogyakarta, 2013. Kementerian Perikanan dan Kelautan.
- Tarida, F.H., 2014. *Analisis Kebijakan Pengembangan Ekowisata Berbasis Sektor Pertanian dan Dampaknya Terhadap Pendapatan Asli Daerah (PAD) dan Produk Domestik Regioal Bruto (PDRB) di Kabupaten Malang (Pendekatan Sistem Dinamik)*. Surabaya: Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- UNEP, 2011. *Green economy-Why a Green economy Matters for the Least Developed Countries*. France: St-Martin-Bellevue.
- UU Nomor 32, 2009. *UU No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Undang-undang Republik Indonesia. Pemerintah Republik Indonesia.

- Wandani, O.E., 2014. *Analisis Kebijakan Pengembangan Ekowisata di Pulau Lumpur dan Pengaruhnya Terhadap Perekonomian Daerah Sidoarjo : Sebuah Pendekatan Sistem Dinamik*. Surabaya: Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wanggai, V., 2012. Menuju Ekonomi Hijau. *Jurnal Nasional*, p.7.
- Wang, G. et al., 2013. Ecosystem Mangrove Stock of Mangrove Forest in Yingluo Bay, Guangdong Province of South China. *Forest Ecology and Management*, pp.539-46.
- WCED, 1987. *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Wirjodirdjo, B., 2012. *Pengantar Metodologi Sistem Dinamik*. 1st ed. Surabaya: ITS Press.
- Z.Tang, Shi, C.B. & Z.Liu, 2011. Sustainable development of tourism industry in China under the low-carbon economy. *Energy Procedia*, pp.1303-07.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Formulasi Model Stock And Flow Diagram

Submodel PAD:

$$PAD(t) = PAD(t - dt) + (Laju_perubahan_PAD) * dt$$

$$INIT\ PAD = 484313737307$$

INFLOWS:

$$Laju_perubahan_PAD =$$

$$Pajak_Daerah + Pendapatan_lainnya + Retribusi_daerah + Submodel_Wanamina.Pendapatan_netto_perikanan$$

$$Pajak_Daerah(t) = Pajak_Daerah(t - dt) + (Laju_perubahan_pajak_daerah) * dt$$

$$INIT\ Pajak_Daerah = 264538593737$$

INFLOWS:

$$Laju_perubahan_pajak_daerah =$$

$$Fraksi_peningkatan_pajak_daerah * Pajak_Daerah$$

$$Pendapatan_lainnya(t) = Pendapatan_lainnya(t - dt) + (Laju_perubahan_pendapatan_lainnya) * dt$$

$$INIT\ Pendapatan_lainnya = 147074957422$$

INFLOWS:

$$Laju_perubahan_pendapatan_lainnya =$$

$$Pendapatan_lainnya * Fraksi_peningkatan_pendapatan$$

$$Retribusi_daerah(t) = Retribusi_daerah(t - dt) + (Laju_perubahan_retribusi) * dt$$

$$INIT\ Retribusi_daerah = 72700186148$$

INFLOWS:

$$Laju_perubahan_retribusi =$$

$$(Fraksi_peningkatan_retribusi * Retribusi_daerah) + DELAY(Kontribusi_pendapatan_ekowisata, 5)$$

$$Fraksi_peningkatan_pajak_daerah = 0.147$$

$$Fraksi_peningkatan_pendapatan = 0.17$$

$$Fraksi_peningkatan_retribusi = 0.09$$

Kontribusi_pendapatan_ekowisata =
 Submodel__Ekowisata.Annual_pendapatan_ekowisata*Prosentase_pendapatan_u
 ntuk_daerah
 NJKP = NJOP_untuk_PBB*0.22
 NJOP = 1000000
 NJOPTKP = 12000000
 NJOP_tanah__dan_bangunan =
 NJOP*Submodel__Luas_Pulau_Lumpur.Luas_Pulau_Lumpur
 NJOP_untuk_PBB = NJOP_tanah__dan_bangunan-NJOPTKP
 Prosentase_pendapatan_untuk_daerah = 0.05
 Total_pajak = (0.005*NJKP)+Pajak_Daerah

Submodel Ekowisata:

Polusi_gas_ekowisata(t) = Polusi_gas_ekowisata(t - dt) + (Peningkatan_polusi) *
 dt
 INIT Polusi_gas_ekowisata = 0
 INFLOWS:
 Peningkatan_polusi =
 (Polusi_gas_per_liter_sampah_ekowisata+Polusi_gas_transportasi)*250
 Promosi_ekowisata(t) = Promosi_ekowisata(t - dt) + (Perubahan_promosi) * dt
 INIT Promosi_ekowisata = 0
 INFLOWS:
 Perubahan_promosi = IF TIME > 2014 THEN
 PULSE(((fraksi_peningkatan__promosi)+Total_alokasi_pendanaan+Inisiasi_eko
 wisata/3),1)*Tingkat_kerjasama ELSE 0
 Alokasi_pendanaan_ekowisata =
 SMTH1(STEP(PULSE(Tingkat_kerjasama*0.7,0.05,1),0.05),1)
 Annual_pendapatan_ekowisata = Pendapatan_ekowisata_per_hari*365
 Banyak_Institusi_yang_bekerjasama = ABS(NORMAL(4,2,1))
 Biaya_operasional = 0.00001*1813993650
 Biaya_tenaga_kerja = 0.00001*18520609631
 Emisi_polusi_gas_per_liter_sampah = 0.075

Emisi_polusi_gas_per_transportasi_kendaraan = 20.93
 Fraksi_kerjasama = IF TIME > 2014 THEN
 Banyak_Institusi_yang_bekerjasama/Frekuensi_kerjasama ELSE 0
 fraksi_peningkatan_promosi = 0.45
 Frekuensi_kerjasama = NORMAL((3*4),1,1)
 Inisial_biaya_pembangunan = 0.0001*1884678625
 Inisiasi_ekowisata =
 NORMAL(Submodel__Luas_Pulau_Lumpur.Utilisasi_zona_mangrove,0.02,1)
 Investasi_sarana = Total_alokasi_pendanaan*0.45
 Jumlah_sampah_per_hari =
 Jumlah_wisatawan_per_hari*Rerata_sampah_per_wisatawan
 Jumlah_transportasi_kendaraan_wisatawan =
 Jumlah_wisatawan_per_hari/Rerata_jumlah_penumpang_per_kendaraan
 Jumlah_wisatawan_per_hari = IF TIME > 2014 THEN
 STEP(ABS(NORMAL(100,10,1)*Proporsi_ketertarikan__wisatawan),1) ELSE 0
 Pendapatan_ekowisata_per_hari = Jumlah_wisatawan_per_hari*Tarif_ekowisata
 Polusi_gas_delay = DELAY(Polusi_gas_ekowisata,1)
 Polusi_gas_per_liter_sampah_ekowisata =
 (Emisi_polusi_gas_per_liter_sampah*Jumlah_sampah_per_hari*365)/1000
 Polusi_gas_per_tahun = Polusi_gas_ekowisata-Polusi_gas_delay
 Polusi_gas_residu = Polusi_gas_per_tahun-
 (Submodel__Wanamina.Luas_hutan_mangrove*Submodel__Konservasi_Lingku
 ngan.Standar_penyerapan_karbon)
 Polusi_gas_transportasi =
 (Emisi_polusi_gas_per_transportasi_kendaraan*Jumlah_transportasi_kendaraan_
 wisatawan*365)/1000
 Proporsi_dukungan_pemerintah = 0.6
 Proporsi_ketertarikan__wisatawan = IF Perubahan_promosi>= 1 THEN
 (0.95+Investasi_sarana)/2 ELSE 0.5
 Proporsi_retribusi_daerah = 0.05
 Rerata_jumlah_penumpang_per_kendaraan = 4
 Rerata_sampah_per_wisatawan = 0.5

Tarif_ekowisata =
 (Biaya_operasional+Biaya_tenaga_kerja+Inisial_biaya_pembangunan)*Proporsi_
 retribusi_daerah
 Tingkat_kerjasama =
 PULSE((Fraksi_kerjasama+Proporsi_dukungan_pemerintah),0.1,1)
 Total_alokasi_pendanaan =
 NORMAL((Alokasi_pendanaan_ekowisata+(Submodel__Konservasi_Lingkunga
 n.Alokasi_dana_budidaya_mangrove+Submodel__Konservasi_Lingkungan.Aloka
 si_dana_penyuluhan_lingkungan)/2),0.05,1)

Submodel Konservasi Lingkungan:

Emisi_karbon(t) = Emisi_karbon(t - dt) + (Peningkatan__emisi_karbon -
 Penurunan_emisi_karbon) * dt
 INIT Emisi_karbon = 81591272

INFLOWS:

Peningkatan__emisi_karbon =
 Submodel__Ekowisata.Polusi_gas_per_tahun+Kontribusi_peningkatan_emisi_ind
 ustri+Kontribusi_peningkatan_emisi_kendaraan_bermotor

OUTFLOWS:

Penurunan_emisi_karbon =
 (Fraksi_penurunan__emisi_karbon*Emisi_karbon)+(Standar_penyerapan_karbon
 *Kontribusi_mangrove)

Alokasi_dana_budidaya_mangrove = 0.4

Alokasi_dana_penyuluhan_lingkungan = 1-Alokasi_dana_budidaya_mangrove

Faktor_emisi_dari_industri = 1000000

Faktor_emisi_dari_kendaraan_bermotor = 20930

Fraksi_penurunan__emisi_karbon = STEP(RANDOM(0.005,0.004,0.001),1)

Intensitas_penyuluhan_lingkungan = NORMAL(60,4,1)

Intensitas_penyuluhan_budidaya_mangrove = NORMAL(12,4,1)

Kontribusi_dana__penyuluhan =
 ABS((Kontribusi_dari_penyuluhan_lingkungan+Kontribusi_ekokultur_mangrove
))

Kontribusi_dari_penyuluhan_lingkungan =
 ABS(Alokasi_dana_penyuluhan_lingkungan/Intensitas_penyuluhan_lingkungan)*
 10
 Kontribusi_ekokultur_mangrove =
 ABS(Alokasi_dana_budidaya_mangrove/Intensitas_penyuluhan_budidaya_mangrove)*10
 Kontribusi_mangrove =
 SMTH1(PULSE(15000*Submodel__Luas_Pulau_Lumpur.Utilisasi_zona_mangrove,3,1),2,0)
 Kontribusi_peningkatan_emisi_industri =
 Faktor_emisi_dari_industri*(1+Prosentase_emisi_peningkatan_industri)
 Kontribusi_peningkatan_emisi_kendaraan_bermotor =
 Faktor_emisi_dari_kendaraan_bermotor*(1+Prosentase_peningkatan_emisi_kendaraan_bermotor)
 Potensi_RTH =
 Submodel__Wanamina.Luas_hutan_mangrove*Pengaruh_kesadaran_lingkungan_terhadap_konservasi_lahan_mangrove
 Prosentase_emisi_peningkatan_industri = 0.1035
 Prosentase_peningkatan_emisi_kendaraan_bermotor = 0.144833
 Standar_penyerapan_karbon = SMTH1(21288*0.1,1,0)
 Tingkat_kesadaran_lingkungan =
 SMTH1(STEP(Kontribusi_dana__penyuluhan,1),1)
 Pengaruh_kesadaran_lingkungan_terhadap_konservasi_lahan_mangrove =
 GRAPH(Tingkat_kesadaran_lingkungan)
 (0.00, 0.345), (0.1, 0.425), (0.2, 0.45), (0.3, 0.48), (0.4, 0.51), (0.5, 0.555), (0.6, 0.6), (0.7, 0.64), (0.8, 0.655), (0.9, 0.655), (1, 0.655)

Submodel Luas Pulau Lumpur:

Luas_Pulau_Lumpur(t) = Luas_Pulau_Lumpur(t - dt) + (Laju_ekspansi - Laju_reduksi) * dt

INIT Luas_Pulau_Lumpur = 940000

INFLOWS:

Laju_ekspansi = Penambahan_volume_lumpur/Kadalaman_pulau

OUTFLOWS:

Laju_reduksi = IF TIME > 2014 THEN Konversi_lahan_mangrove +
Lahan_terabrasi ELSE 0

Volume_endapan__lumpur(t) = Volume_endapan__lumpur(t - dt) +
(Laju_sedimentasi - Laju_pengerukan_per_bulan) * dt

INIT Volume_endapan__lumpur = 147400000

INFLOWS:

Laju_sedimentasi = Debit_aliran_lumpur*Kecepatan_pengendapan*365

OUTFLOWS:

Laju_pengerukan_per_bulan = IF Volume_endapan__lumpur <=250000000
THEN Jumlah_kapal_keruk*Pengerukan_per_bulan_per_kapal*10 ELSE
(Jumlah_kapal_keruk*Pengerukan_per_bulan_per_kapal*12)

Area_mangrove = Prosentase_area_mangrove*Area_wanamina

Area_pertambakan = Prosentase_area_tambak*Area_wanamina

Area_wanamina = Luas_Pulau_Lumpur

BOD = 0.62

Daya_dukung_lingkungan =

Utilisasi_zona_mangrove+STEP(Utilisasi_zona_mangrove*Indeks_Kesesuaian_
Habitat,1)

Debit_aliran_lumpur = NORMAL(5400000,540000,1)

Densitas_vegetasi = 0.23

DO = 0.7

Fraksi_tambak = RANDOM(0.05, 0.5, 1)

Gelombang_air_laut = 0.2

Indeks_Kesesuaian_Habitat =

NORMAL(((Kesesuaian_substrat+Kesesuaian_vegetasi+Kualitas_air)/3),0.1,1)

Jumlah_kapal_keruk = 6

Kadalaman_pulau = NORMAL(8,1,1)

Kecepatan_pengendapan = 15000

Kelembaban = 0.55

Kepadatan_substrat = 0.6

```

Kesesuaian_substrat =
RANDOM((((Gelombang_air_laut+Kepadatan_substrat+Makrozobenthos+PH_substrat)/4),1,1)

Kesesuaian_vegetasi =
RANDOM((((Densitas_vegetasi+Sisa_organik+Tipe_vegetasi_dominan)/3),1,1)
Konversi_lahan_mangrove = SMTH1(PULSE(Perluasan_permukiman + Tambak
+ Tingkat_konversi_lahan_mangrove ,3,2),2,1)
Kualitas_air = RANDOM((((BOD+DO+Kelembaban+PH_air+Salinitas)/5),1,1)
Lahan_terabrasi = Luas_Pulau_Lumpur*Tingkat_abrasi
Makrozobenthos = 0.42
Penambahan_volume_lumpur = IF TIME >2014 THEN
Laju_pengerukan_per_bulan ELSE 0
Pengerukan_per_bulan_per_kapal = NORMAL(2000,200,1)
Perluasan_permukiman = NORMAL(13, 2, 1)
PH_air = 0.6
PH_substrat = 0.53
Prosentase_area_mangrove = 0.8
Prosentase_area_tambak = 0.2
Salinitas = 0.23
Sisa_organik = 0.45
Tambak = Fraksi_tambak*100
Tingkat_abrasi = IF Utilisasi_zona_mangrove<=0.5 THEN 0.00605 ELSE
0.00405
Tipe_vegetasi_dominan = 0.37
Utilisasi_zona_mangrove =
Submodel__Wanamina.Luas_hutan_mangrove/Area_mangrove
Tingkat_konversi_lahan_mangrove =
GRAPH(PULSE(Submodel__Konservasi_Lingkungan.Pengaruh_kesadaran_ling
kungan_terhadap_konservasi_lahan_mangrove,0.5))
(0.00, 0.665), (10.0, 0.65), (20.0, 0.65), (30.0, 0.625), (40.0, 0.6), (50.0, 0.55),
(60.0, 0.51), (70.0, 0.48), (80.0, 0.45), (90.0, 0.425), (100, 0.345)

```

Submodel Wanamina:

Jumlah_mangrove_dewasa(t) = Jumlah_mangrove_dewasa(t - dt) +
(Laju_pendewasaan_mangrove - Laju_kematian_mangrove_dewasa) * dt

INIT Jumlah_mangrove_dewasa = 0

INFLOWS:

Laju_pendewasaan_mangrove = DELAY((Jumlah_mangrove_muda*(1-
Fraksi_kematian)),0.5)

OUTFLOWS:

Laju_kematian_mangrove_dewasa = Jumlah_mangrove_dewasa*(1-
Survival_rate)

Jumlah_mangrove_muda(t) = Jumlah_mangrove_muda(t - dt) +
(Laju_pertumbuhan_mangrove - Laju_kematian_mangrove -
Laju_pendewasaan_mangrove) * dt

INIT Jumlah_mangrove_muda = 0

INFLOWS:

Laju_pertumbuhan_mangrove = IF TIME >= 0.6 THEN
Jumlah_bibit_mangrove+PULSE((Jumlah_bibit_mangrove*Fraksi_pertumbuhan)

,

Perkembangbiakan_mangrove,1)/Submodel__Luas_Pulau_Lumpur.Area_mangrove
ELSE 0

OUTFLOWS:

Laju_kematian_mangrove = Jumlah_mangrove_muda*Fraksi_kematian

Laju_pendewasaan_mangrove = DELAY((Jumlah_mangrove_muda*(1-
Fraksi_kematian)),0.5)

Produksi_wanamina(t) = Produksi_wanamina(t - dt) +
(Laju_pemanenan__wanamina) * dt

INIT Produksi_wanamina = 0

INFLOWS:

Laju_pemanenan__wanamina = ROUND(IF Stok_ikan >=Demand_ikan THEN
Demand_ikan ELSE Stok_ikan)

Stok_ikan(t) = Stok_ikan(t - dt) + (Laju_pertumbuhan_ikan -
Laju_kematian_ikan) * dt

INIT Stok_ikan = 0

INFLOWS:

Laju_pertumbuhan_ikan =

ROUND(Stok_ikan*Submodel__Luas_Pulau_Lumpur.Daya_dukung_lingkungan
*0.842)+(Jumlah_benih_ikan*Fraksi_pertumbuhan_ikan)

OUTFLOWS:

Laju_kematian_ikan = Stok_ikan*Fraksi_kematian_ikan

Biaya_operasi = 12*1000000

Demand_ikan = NORMAL(1825000,225000)

Fraksi_kematian = 0.05

Fraksi_kematian_ikan = 0.3

Fraksi_pertumbuhan = 0.25

Fraksi_pertumbuhan_ikan = NORMAL(0.2, 0.1)

Harga_ikan = MEAN(35000,30000)

Jumlah_benih_ikan = 5000

Jumlah_bibit_mangrove = 15000

Kerapatan_mangrove = 1

Konversi_biomassa = MEAN(1.5,2)

Luas_hutan_mangrove = Jumlah_mangrove_dewasa*Kerapatan_mangrove

Pendapatan_bruto_perikanan = Volume_produksi_wanamina*Harga_ikan

Pendapatan_netto_perikanan = IF(Pendapatan_bruto_perikanan-Biaya_operasi) <
0 THEN 0 ELSE (Pendapatan_bruto_perikanan-Biaya_operasi)

Perkembangbiakan_mangrove =

PULSE(Jumlah_mangrove_dewasa*Rasio_perkembangbiakan,1,1)

Rasio_perkembangbiakan = 0.5

Survival_rate = 0.98

Volume_produksi_wanamina = IF TIME >2014 THEN
Produksi_wanamina*Konversi_biomassa ELSE 0

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Ferry Arieska, dilahirkan di Mojokerto, 1 Desember 1992. Penulis merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara dari pasangan Suriadi (Alm.) dan Rukani. Penulis pernah mengenyam pendidikan di SDN Sumbergirang II (1999-2005), SMPN 1 Puri (2005-2008), SMAN 1 Sooko (2008-2011), dan Teknik Industri ITS (2011-2015).

Selama masa perkuliahan, penulis aktif menjadi pengurus organisasi baik di tingkat fakultas maupun tingkat institut. Penulis pernah tercatat aktif sebagai staff Magang Kementerian Kesejahteraan Mahasiswa BEM ITS periode 2011-2012, staff Departemen Pengembangan Sumberdaya Mahasiswa BEM FTI periode 2012-2013, staff Kementerian Kesejahteraan Mahasiswa BEM ITS periode 2012-2013, dan Asisten Sekretaris Kementerian Kesejahteraan Mahasiswa BEM ITS periode 2013-2014.

Penulis juga aktif mengikuti beberapa kepanitiaan kegiatan BEM FTI ITS maupun BEM ITS. Selaian itu juga menjadi peserta pada beberapa pelatihan, seperti SISTEM 2011, LKMM TD Kabisat 2012, dan LOT 1 BEM FTI ITS. Pengalaman lain, penulis pernah melakukan kerja praktek di PTPN X khususnya di PG Gempolkrep Mojokerto dan ditempatkan di bagian departemen produksi dan instalasi. Penulis dapat dihubungi via email arieskaferry@gmail.com.